

Aus dem Veterinärhygienischen und Tierseuchen-Institut
der Justus Liebig-Hochschule zu Gießen
Direktor: Prof. Dr. E. Roots

STANFORD-LANE MEDICAL LIBRARY
2395 SACRAMENTO ST.
SAN FRANCISCO 15, CALIF.

Die Feststellung von Luftströmungen bei verschiedenen
Ventilationsanlagen in Rinder- und Schweineställen
mit Hilfe von Salmiaknebel

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Veterinär-Medizinischen Fakultät
der Justus Liebig-Hochschule zu Gießen

vorgelegt von
Walter Wetzel
Tierarzt aus Geisa/Rhön

Gießen 1954

Aus dem Veterinärhygienischen und Tierseuchen-Institut
der Justus Liebig-Hochschule zu Gießen
Direktor: Professor Dr. E. R o o t s

Die Feststellung von Luftströmungen bei verschiedenen
Ventilationsanlagen in Rinder- und Schweineställen
mit Hilfe von Salmiaknebel.

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung des Doktorgrades
der
Veterinär-Medizinischen Fakultät
der
Justus Liebig-Hochschule zu Gießen

vorgelegt von
Walter W e t z e l
Tierarzt aus Geisa/Rhön

Gießen 1954

Mit Genehmigung der Veterinär-Medizinischen Fakultät der
Justus Liebig-Hochschule zu Gießen

Dekan:	Professor Dr. H. K e l l e r
1. Berichterstatter:	Professor Dr. E. R o o t s
2. Berichterstatter:	Professor Dr. V. H o r n

Tag der mündlichen Prüfung: 24. Juli 1954.

Meinen lieben Eltern
in Dankbarkeit
gewidmet

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
I. Einleitung	1
II. Schrifttum	2
III. Eigene Untersuchungen	6
1. Entwicklung und Beschreibung verschiedener Ventilationssysteme	6
2. Bauweisen der untersuchten Ställe	9
3. Tabellen der kennzeichnenden Merkmale der Rinder- und Schweineställe	10
4. Der Untersuchungsgang	15
5. Technik der Untersuchungen	15
a) Der Nebler	15
b) Die praktische Anwendung des Neblers	17
c) Die Beurteilung der Luftbewegungen	18
6. Die Untersuchungsergebnisse	19
a) in Rinderställen	19
1. Rinderställe ohne Lüftungseinrichtung	19
2. Rinderställe mit Öffnungen in den Wänden unterhalb der Decke für die Durchlüftung	20
a) Rinderställe mit einseitigen Lüftungsöffnungen	22
b) Rinderställe mit Lüftungsöffnungen an zwei einander gegenüber liegenden Wänden	24

	Seite
3. Rinderställe mit Aussparungen in den Wänden und mit Abluftschächten	26
4. Rinderställe mit Be- und Entlüftungsanlagen nach Schreider und Sieck	27
b) in Schweineställen	29
1. Schweineställe ohne Lüftungseinrichtungen	29
2. Schweineställe mit Öffnungen in den Wänden unterhalb der Decke für die Durchlüftung	30
a) Schweineställe mit einseitigen Lüftungsöffnungen	31
b) Schweineställe mit Lüftungsöffnungen an zwei einander gegenüberliegenden Wänden	32
3. Schweineställe mit Abluftschächten	34
4. Schweineställe mit Be- und Entlüftungsanlagen nach Schreider und Sieck	35
5. Schweinehütten aus Stroh	37
IV. Besprechung der Ergebnisse	38
V. Zusammenfassung	39
VI. Schlussfolgerungen	40
VII. Literaturverzeichnis	41
Lebenslauf	44

I. Einleitung.

Eines der schwierigsten Kapitel der Stallhygiene ist die Lüfterneuerung und die Regelung des Luftzutrittes und der Luftabführung. Hierzu tritt noch die Art der Durchlüftung eines Raumes, d.h. in welchem Umfange alle Teile des Luftballens eines allseitig umgrenzten Stallraumes durch die Ventilationsanlagen in Bewegung kommen, so dass auch in den entlegensten Winkeln eine Lüfterneuerung erfolgt.

Diese Kontrolle der Ent- und Belüftung des Stallraumes ist mit Hilfe von Salmiaknebeln leicht und ohne Gefährdung des Gebäudes und der Tiere durchführbar. Die Anordnung von Salzsäure und Ammoniaklösung ist für den Umfang der gebildeten Salmiaknebel von Bedeutung. Mit Hilfe der auf diese Weise gebildeten Nebel lässt sich die Strömungsrichtung bei gegebenen Ventilationsanlagen sowie die Feststellung der Punkte erreichen, die gut bzw. schlecht von der Luftströmung erreicht werden.

Es war mir die Aufgabe gestellt worden, sowohl den Nebler in eine Form zu bringen, die genügend Salmiaknebelbildung gewährleistet, als auch in verschiedenen Stallungen die Strömungsrichtungen bei der gegebenen Ventilationsanlage festzustellen und die von der Strömung unberührt bleibenden Winkel eines Stalles zu ermitteln.

II. S c h r i f t t u m .

Schon die alten Kulturvölker beschäftigten sich mit der Hygiene der Tierhaltung und legten ihre Gedanken und Beobachtungen in Aufzeichnungen nieder.

Das Mittelalter aber suchte die Ursache der Entstehung von Krankheiten und Epidemien auf religiösem Gebiet. So kam es, dass es allenthalben an Interesse für die Belange der Hygiene mangelte.

Mit der Gründung der Tierarzneischulen setzte eine Wandlung ein. Nachdem Pettenkofer und Robert Koch der Hygiene den gebührenden Platz in der Medizin gesichert hatten, erlangte auch in der Veterinärmedizin die Gesundheitspflege Forschungs- und Lehrstellen.

Seit dieser Zeit wurden viele Methoden zur Bestimmung der Luftfeuchte, des Gehaltes der Luft an Kohlensäure, Ammoniak und Schwefelwasserstoff und der optimalen Temperaturen ausgearbeitet. Die gewonnenen Erkenntnisse versuchte man mit verschiedenem Erfolg bei Stallneubauten und Stallverbesserungen zu verwerten, um den Tieren und dem Stallpersonal optimale hygienische Verhältnisse zu gewähren.

M. M ä r k e r und H. S c h u l z e befassten sich um 1870 mit dem Kohlensäuregehalt und dem Luftwechsel in den Stallungen.

Nach dem ersten Weltkrieg führten S ü p f l e und seine Mitarbeiter in München Forschungen über Stallhygiene durch. K. S ü p f l e , P. H o f m a n n und L. W a l z (1927) berichteten über eine vereinfachte Methode, mit der sie quantitativ den Gehalt von Ammoniak, Schwefelwasserstoff und Kohlensäure in der Luft bewohnter Räume in einem Arbeitsgang ermitteln konnten. Das Ammoniak wurde nach der Methode von L e h m a n n (1901) mit $n/10$ Schwefelsäure gebunden und unter Verwendung von Paranitrophenol als Indikator mit $n/10$ Natronlauge quantitativ bestimmt. Schwefelwasserstoff wurde mit der Kupfervitriol-Bimsstein-Methode nach F r e s e n i u s gewichtsanalytisch bestimmt, wodurch jedoch Mengen unter $0,2\text{ mg}$ unter Verwendung einer gewöhnlichen Analysenwaage nicht nachweisbar waren. Schwefelwasserstoff wurde in schädlich wirkenden Mengen besonders in der Luft von Gülle-Stallungen und auch in unsauber gehaltenen Ställen gefunden, in denen die tierischen Exkremente ungenügend entfernt wurden, so dass ihre Fäulnisgase in die Luft gelangten. Den Kohlensäureanteil der Luft ermittelten S ü p f l e

le und seine Mitarbeiter gewichtsanalytisch mittels Absorption in 30 %iger Kalilauge. Eine Luftuntersuchung auf Kohlensäure, Ammoniak und Schwefelwasserstoff nahm etwa 2 Stunden in Anspruch, was schon damals als Übelstand angesehen wurde.

Lehmeyer (1927) bestimmte den CO_2 -Gehalt der Stallluft nach der Methode von Pettenkofler mit Barytwasser unter Rücktitrierung mit Oxalsäure, den Wasserdampfgehalt mit dem Normal-Aspirations-Psychrometer nach Abmann, Temperatur und Luftdruck in der üblichen Weise. Hierbei fand er, dass Temperatur und Wasserdampfgehalt vom Boden zur Decke hin zunahmen. Bei Holzdecken und guter Belüftung war ein Unterschied der Werte dieser drei Faktoren in verschiedener Höhe über dem Boden nicht feststellbar. Der Kohlensäuregehalt war jedoch an den der Lüftung wenig zugänglichen Stellen bedeutend höher als an den gut durchlüfteten. Die relative Luftfeuchte betrug im Durchschnitt 85 - 90 % und der Kohlensäuregehalt ca. 2,5%. Kohlensäure- und Wasserdampfgehalt nahmen stets in gleichem Verhältnis zu. Nach Lehmeyer treten bei ausreichender künstlicher Belüftung Nachteile stärkerer Belegung der Ställe nicht auf. Wo künstliche Belüftung unzureichend war, waren bei Ausschluss der Lüftung durch Fenster und Türen die Luftverhältnisse schlecht.

Traub (1932) änderte das Verfahren von Süpfle, Hofmann und Walz ab, behielt aber den Grundsatz bei, alle drei Gasanalysen in einer einzigen Versuchsanordnung auszuführen.

Die Änderungen bestanden in der Verwendung von dünneren Normallösungen (n/50 statt n/10) bei der Ammoniakbestimmung, in der jodometrischen Bestimmung des Schwefelwasserstoffes (cfr. Biehringer (1921)). Den Wert des Kohlendioxydanteils in der Luft ermittelte er gewichtsanalytisch unter Absorption mit Natronkalk, der zur Absorption von CO_2 bei Analysen organischer Substanzen üblich ist.

Mit dieser Apparatur konnten noch Ammoniakmengen von 0,34 mg und Schwefelwasserstoffmengen von 0,017 mg nachgewiesen werden.

Der durchschnittliche Kohlensäuregehalt betrug in Rinderställen 3,79 p.m., in Pferdeställen 3,58 p.m., in Schweineställen 2,02 p.m. und in einem Hühnerstall 0,64 p.m. Die von den meisten als äusserst zulässige geforderte Grenze der Kohlensäuremenge von 2,5 p.m. wurde in 10 gut ventilierten Grosstierställen bei normaler Stalltemperatur und niedriger Aussentemperatur nicht überschritten. In Schweineställen war diese Grenze leichter einzuhalten als in Grosstierställen.

Traub vermochte eine feste Beziehung zwischen dem Kohlensäuregehalt, dem

prozentualen Zuwachs des absoluten Wasserdampfgehaltes und dem Temperaturanstieg der Stallluft nicht festzustellen.

Durch seine Untersuchungen erkannte T r a u b , dass die Zunahme der absoluten Luftfeuchte in Ställen in erster Linie von der Wirkung der künstlichen Belüftung abhing.

Die Höhe des Ammoniakgehaltes war aber hauptsächlich von dem Zustand der Einstreu und des Jaucheabflusses abhängig. Der Ammoniak der Stallluft, als dessen äusserste zulässige Grenze 0,04 p.m. angegeben wurden, war im Vergleich mit den Befunden anderer auffallend niedrig. Er betrug durchschnittlich in Rinderställen 0,012 p.m., in Pferdeställen 0,018 p.m., in Schweineställen 0,0092 p.m., in gemischten Ställen 0,0083 p.m. und in einem Hühnerstall 0,008 p.m. In 5 Rinderställen mit frischer Einstreu war die Luft ammoniakfrei.

S t i e t e n r o t h (1934) baute die T r a u b ' -sche Apparatur zu einem ausklappbaren Transportkasten aus, wodurch bei grösster Transportsicherheit die Apparatur stets arbeitsbereit war.

Diese chemischen Methoden sind sehr umständlich und kompliziert und für praktisch-technische Beurteilung einer Lüftungsanlage kaum geeignet.

Sowohl von S ü p f l e und seinen Mitarbeitern als auch von T r a u b wurde auf Grund ihrer Ergebnisse erkannt, dass der Einfluss der künstlichen Ventilation auf den Kohlensäuregehalt und Wasserdampfgehalt der Stallluft, sowie auf die Temperatur deutlich hervortrat. Die genannten drei Faktoren sind entscheidend für die stallhygienischen Verhältnisse. Entgegen früherer Annahmen stellten sie fest, dass auch ein grosser Luftkubus bei fehlender künstlicher Ventilation keine guten Beschaffenheit der Stallluft gewährleistet.

Die Ansichten über die Bewegung der Luft unter verschiedener Anordnung der Zu- und Abluftöffnungen bei Ventilationsanlagen der Ställe veranlassten F a i r b a n k s (1927), mit Hilfe von Salmiaknebel die Luftströmungen in Ställen festzustellen. Auf Grund seiner Untersuchungsergebnisse entwickelte er Ventilationsysteme, die sich in der Praxis gut bewährt haben.

Die Technik F a i r b a n k s war folgende: Der Salmiaknebler bestand aus 2 ineinander stehenden Glasschalen, von denen die innere Salzsäure und die äussere Salmiakgeist enthielt. Beim Zusammentreffen von Ammoniak mit Salzsäureddämpfen bildeten sich die bekannten Salmiaknebel, die von den an verschiedenen Stellen des Raumes herrschenden Luftströmungen mitgerissen wurden und diese somit sichtbar machten. Die beiden Schalen, von denen die innere fest in der äusseren stand, befanden sich in einem Holzkästchen. Um den Salmiak-

nebler bequem an alle Stellen bringen zu können, wurde er an einem Draht angebracht, der in einem Winkel von 45° an einem Holzstab befestigt war. Für den Transport waren das Holzkästchen mit den beiden Glasschalen, je einer Flasche Salmiakgeist und Salzsäure und der Stange, die aus ineinanderschiebbaren Stücken bestand, sicher in einem Kasten untergebracht. In den Ställen bedurfte es nur weniger Handgriffe, um den Salmiaknebler in Tätigkeit zu setzen.

III. Eigene Untersuchungen.

1. Entwicklung und Beschreibung verschiedener Ventilationssysteme.

Mit der Domestikation unserer Haustiere ist eine erhebliche Änderung ihrer Lebensweise erfolgt. Zum Schutz gegen Raubtiere wurden sie im Winter in das Wohnhaus aufgenommen, wo sie zugleich gegen die Winterkälte geschützt waren. Später wurden die Lagerstätten der Tiere vom Wohnraum abgetrennt. Damit war der Stall in seiner heute noch vielfach üblichen Unterbringung unter ein Dach mit dem Wohnhaus geschaffen. In grösseren Anwesen wurden die Ställe getrennt vom allgemeinen Wohnhaus in besonderen Gebäuden oder in der Scheune eingerichtet.

Während ursprünglich eingeschossige Lehmbauweise, das Holzblockhaus, später Fachwerkbau überwog, und vielleicht auch der aus Feldsteinen errichtete Massivbau aufkam, überwiegt heute das aus neueren Baustoffen errichtete Haus.

Während die Lehm- und Holzbauten noch eine sehr starke "natürliche" Lüfterneuerung durch Ritzen und Spalten gestatteten, bestand während der Wintermonate doch bereits eine erhebliche Beeinträchtigung der Qualität der Atmungsluft. Bei den aus massiven Baustoffen errichteten Gebäuden, entfiel die "natürliche" Lüfterneuerung durch Ritzen und Spalten. Die Ställe wurden mit Be- und Entlüftungssystemen verschiedener Art ausgerüstet, um eine ausreichende Lüfterneuerung zu erreichen. In vielen Ställen, besonders in denen kleiner und kleinster Betriebe, ist es heute um diese Dinge noch schlecht bestellt.

Ein Stallraum ohne jegliche künstliche Anlage zur Lüfterneuerung ist auf den Luftaustausch durch die Umfassungswände angewiesen. Durch 1 m^2 Aussenwand gehen pro Stunde - je nach dem Baumaterial - nur $5 - 10 \text{ m}^3$ Luft hindurch, d.h. eine Menge, die gegenüber dem Frischluftbedarf von $40 - 60 \text{ m}^3$ pro Stunde je Grossvieheinheit praktisch nichts bedeutet. Bedeutender ist der Luftaustausch durch Fugen der Wandungen, namentlich entlang der eingefügten Türen und Fenster. Das Wohlbefinden der Tiere und der im Stall tätigen Personen leidet unter der Luftverschlechterung erheblich. Vor allem in Gegenden, in denen das Vieh vielfach keinen Weidegang hat, wirken sich diese Verhältnisse auf die Haustiere, die ohne Unterbrechung im Stall stehen, besonders ungünstig aus. Wenn die Temperatur der Haut und der Luft gleich sind, die Luft überdies mit

Wasserdampf fast gesättigt ist, können die Tiere die durch den Stoffwechsel ständig gebildete Wärme nicht oder nur unvollständig nach aussen abgeben; es kommt zu Wärmestauungen, die stets zu Leistungsminderungen, unter Umständen zu bedenklichen Gesundheitsstörungen führen. Nur an den wenigen Tagen, an denen Fenster und Türen geöffnet werden, sind die Luftverhältnisse erträglich.

Zur Abstellung der Schlechtluft ging man dazu über, durch Aussparungen im Mauerwerk der Wände ständige kleine Öffnungen zu schaffen, durch die Frischluft zugeführt und verbrauchte Luft aus dem Stall abgeleitet werden konnte. Bei einer einzigen solchen Öffnung beobachtete man, dass die warme Stallluft durch den oberen Teil nach aussen und die kühlere Frischluft durch den unteren Teil der Öffnung nach innen strömte. Der beste Luftaustausch ergab sich bei Öffnungen, die höher als breit waren. Legte man zur Abführung der leichteren Warmluft Öffnungen nahe der Decke und für die Zufuhr von Frischluft solche nahe dem Boden an, so wurde die Durchlüftung bedeutend gebessert; diese Stalllüftung hatte aber den Nachteil, dass die kühlere Frischluft unmittelbar die Tiere traf, was bei kalter Aussenluft für die verweichlichten Stalltiere ebenfalls ungünstig war.

Die Triebkraft dieser einfachsten Durchlüftungsanlagen ist der Gewichtsunterschied zwischen kalter und warmer Luft; diese Triebkraft steht in direktem Verhältnis zu der Entfernung zwischen Eintritt der Kalt- und Austritt der Abluft. Diese Entfernung ist bei einem Mauerloch nur sehr klein, bei je einem Loche nahe dem Fussboden und der Decke etwa gleich der Stallhöhe. Je nach der Luftbewegung und -richtung tritt hierzu noch als Triebkraft der Druck bzw. der Sog der bewegten Atmosphäre, der jedoch nur bei höheren Windstärken deutlich wirksam wird.

Immerhin mag es die Hoffnung auf diese Windbewegung gewesen sein, die zur Aussparung von Wandlöchern auf beiden Wandseiten geführt hat, die einander gegenüber lagen. Dass hierdurch eine besonders kalte Luft die Tiere unmittelbar treffen kann, ist ein offensichtlicher Nachteil dieser Durchlüftungsanlage. Die Wärmedifferenz als ständige Triebkraft ist bei der Nähe der Kaltluftzu- und Warmluftabführung nicht höher als bei einseitig angebrachten Lüftungslöchern.

Um Kälteschädigungen zu vermeiden, ist man bestrebt gewesen, die Zuluft vorzuwärmen. In grossem Umfange wurde früher die Zuluft vom Boden her in Kanälen der Umfassungsmauern hochgeführt und trat in der Höhe der Fenstersimse oder darüber in den Stallraum ein. Wärmetechnisch wirkt sich diese Luftzuführung dahin aus, dass die Wärmedämmwirkung der Umfassungsmauern im Bereich der Kanäle gestört wird, so dass hier an der Innenwand zumeist auch in den

Kanälen Schwitzwasser auftrat und das Mauerwerk durchnässte. Da zudem die Kanäle durch Schmutz und Unrat oft gänzlich verstopft sind, ist diese Art der Luftzuführung aufgegeben worden.

Die Höhe des Warmluftaustrittes über dem Kaltluftzutritt bestimmt die Auftriebskraft der Warmluft. Die allgemein bekannte Schornsteinwirkung wird auch bei der Entlüftung von Räumen ausgenutzt, deren Wärmestand höher als der der freien Atmosphäre ist. Je höher die Austrittsöffnung der in Dunstschloten geführten Warmluft über den Zutritt der Kaltluft geführt wird, umso grösser ist die Auftriebskraft; Voraussetzung hierfür ist, dass ein Verlust des Wärmestandes der Warmluft auf dem Wege bis zur Austrittsöffnung vermieden wird. Die Ausnutzung dieser ständig wirkenden Triebkraft gestattet die Zufuhr der Luft im Stallraum hoch unter die Decke zu legen und dem Sog zu überlassen, der dem durch die abgeführte Luft gebildeten Unterdruck entspricht.

Um die Zuluft im Stall gleichmässig zu verteilen, sind nach dem Vorschlag von Schreider und Sieck heute eine Reihe von Verfahren der "Luftberieselung" im Gebrauch; durch sie wird die Kaltluft in schmalen Strömen der Stallluft zugeführt und dadurch gleichmässig zu einer Luft mittleren Wärmestandes vermischt; eine einseitige Abkühlung der Tiere wird vermieden.

Durch Ritzen und Spalten der Seitenwände eindringende Kaltluft stört den gewollten Luftumlauf; sie trifft die Tiere direkt und ist Anlaß von Erkältungen.

Bei der Durchlüftung mit horizontal geführten Zuluft- und senkrecht geführten Abluftschächten müssen die Kapazitäten einander und dem Lüfterneruerungswert entsprechen.

Die Querschnittsummen der Abluftschächte und der Zuluftöffnungen sollen im Verhältnis 100 : 70-75 stehen, da stets etwa 1/4 der Frischluft durch Ritzen von Fenstern und Türen in den Stall gelangt. Um Zugluft zu vermeiden, sollen die Abluftschächte von Zuluftkanälen, Türen und Fenstern mindestens 1,50 m entfernt sein. Der Abluftschacht soll mindestens die doppelte Höhe des Stalles haben; sein durch Klappen regulierbarer Querschnitt soll quadratisch mit Seitenlängen zwischen 35 cm und 100 cm sein. Zur Vermeidung von Schwitzwasser müssen die Abluftschächte in ihrem Verlauf durch den Boden, besonders aber über dem Dach einen starken Wärmeschutz tragen. Der Schacht soll mindestens 50 cm über den Dachfirst des Stalles und die nächstliegenden Gebäude hinausragen. Die obere Schachtöffnung wird durch eine Platte oder Wetterschutzhaube abgedeckt, die dem Wind genügend Platz lassen soll durch Saugwirkung zur Stallentlüftung beizutragen.

2. Bauweisen der untersuchten Ställe.

Die Betriebsgrösse der Landwirtschaften ist - besonders in dem Orte, in dem ich die meisten Untersuchungen durchführte - durch Realteilungen in früherer Zeit meist sehr gering. Die Rinderställe waren für 3 - 8 Stück Grossvieh bemessen und voll besetzt; es handelte sich also durchweg um kleine Ställe. In den Aussenbezirken von Gießen untersuchte ich 2 Rinderställe mit je 15 - 20 Grosstieren.

Als Baumaterial der Überwiegend vor etwa 40 Jahren errichteten Ställe dienten in 67 Fällen Ziegelsteine, die 6-mal nur aussen, 7-mal nur innen und 9-mal beiderseitig verputzt waren. In zwei Fällen waren die Wände aus Bruchsteinen in einer Stärke von 52 cm, je einmal aus Hohlblock-Schwemmsteinen und Hohlziegelsteinen bzw. aus einer doppelten Bretterwand mit Torffüllung und bei einer Schweinezuchthütte aus Presstrohballen erstellt. Die Wandstärke der Schweineställe betrug oft nur 12 - 15 cm.

Das Fundament der Ställe war meist bis in Stallbodenhöhe aus Bruchsteinen gemauert worden. Die Stallböden waren meist mit Ziegelsteinen belegt und mit Zementmörtel ausgefügt. Je zweimal waren sie jedoch aus Beton, aus Kopfsteinpflaster oder Hohlziegelsteinen. Die Decken waren meist aus Ziegelsteinen gewölbt, bestanden jedoch in 18 Schweineställen aus einer doppelten Bretterlage mit einem Lehm- oder Schlackenzwischenschub. Die Decken von 5 in jüngerer Zeit errichteten Ställen waren aus Hohlblockschwemmsteinen.

Fenster waren nur in geringer Anzahl eingebaut; zu einem grossen Teil waren sie baufällig. In 10 Schweineställen fehlten Fenster völlig.

Mit wenigen Ausnahmen waren die Ställe ungepflegt (Fussboden, Wandputz, Wandanstrich); in besonderem Maße betraf dieser Mangel die Schweineställe.

Als Grund dafür ist anzuführen, dass die Bauern infolge ihrer kleinen Betriebsgrösse gezwungen sind, in der Industrie zu arbeiten und ihre Landwirtschaft entsprechend vernachlässigen. Die laufende Arbeit obliegt der Frau und den Kindern; überdies fehlt wohl auch eine Bauberatung.

Die Ställe lagen mit 2 Ausnahmen unter einem Dach mit dem Wohnhaus oder mit der Scheune. Die Rinderställe lagen an einem Gebäudeende, so dass die Giebelwand und eine zu ihr parallel errichtete Innenwand die Längsseiten, die beiden Enden der Aussenwände des Gebäudes die kürzeren Querseiten des Stalles begrenzen; die Innenwand stiess an die Scheunentenne, von der - durch eine Tür - das Futter hereingebracht wurde. Bei den Schweineställen wurden die kurzen Seiten meist von den Aussenmauern gebildet; sie lagen also nicht an einer Giebelwand.

3. Tabellen der kennzeichnenden Merkmale

der Rinder- und Schweineställe.

(siehe Seite 11 - 14)

Rinderställe.

(Krippe 40 cm tief)

	Lfd. Nr. (Zahl GVE)	Grundfläche m ²	Höhe m	Luftraum m ³		Aufteilung der Grund- Standplatz je Rind		
				insgesamt	je GVE	Standplatz je Rind		m ²
						Länge m	Breite m	
I	1 (7)	39,95	3,10	123,85	17,89	2,80	1,21	3,39
	2 (4)	25,00	2,30	57,50	14,38	2,90	1,25	3,63
	3 (6)	35,00	2,20	77,00	12,83	2,10	1,25	2,63
	4 (4)	17,10	2,50	42,75	10,69	2,20	1,13	2,49
II a	5 (17)	166,50	2,70	449,55	26,44	2,90	1,10	3,19
	6 (7)	31,50	2,50	78,75	11,25	2,80	1,00	2,80
	7 (5)	24,00	2,10	50,40	10,08	2,30	1,20	2,76
	8 (4)	18,00	2,20	39,60	9,90	2,20	1,12	2,46
	9 (6)	28,00	2,30	64,40	10,73	1,80	1,14	2,05
II b	10 (10)	43,55	2,70	117,59	11,76	2,20	1,30	2,86
	11 (6)	30,80	2,30	70,84	11,81	2,30	1,30	2,99
	12 (6)	32,00	2,40	76,80	12,80	2,40	1,33	3,19
	13 (4)	19,20	2,30	44,16	11,04	2,40	1,20	2,88
	14 (7)	38,40	2,10	80,64	11,52	2,90	1,14	3,31
	15 (5)	28,00	2,10	58,80	11,76	2,30	1,40	3,22
	16 (5)	23,94	2,30	55,06	11,01	2,10	1,26	2,65
	17 (6)	24,50	2,40	58,80	9,80	1,90	1,16	2,20
	18 (6)	30,40	2,10	63,84	10,64	2,10	1,33	2,79
	19 (5)	28,00	2,10	58,80	11,76	2,00	1,40	2,80
	20 (5)	24,00	2,30	55,20	11,04	2,30	1,20	2,76
	21 (4)	18,49	2,10	38,83	9,71	2,60	1,08	2,81
	22 (4)	21,00	2,20	46,20	11,55	2,40	1,25	3,00
	23 (3)	27,52	2,40	66,05	22,02	2,50	1,07	2,68
	24 (5)	21,76	2,20	47,87	9,57	1,80	1,28	2,30
	25 (6)	32,76	2,20	72,07	12,01	2,50	1,30	3,25
	26 (6)	38,25	2,40	91,80	15,30	2,80	1,42	3,98
	27 (7)	28,00	2,20	61,60	8,80	1,90	1,14	2,17
	28 (3)	15,96	2,20	35,11	11,70	2,10	1,40	2,94
	29 (4)	20,00	2,10	42,00	10,50	2,30	1,25	2,88
	30 (4)	17,50	2,30	40,25	10,06	1,90	1,25	2,38
III	31 (7)	40,00	2,40	96,00	13,70	2,90	1,14	3,31
	32 (17)	150,00	3,10	465,00	27,35	2,70	1,10	2,97
	33 (7)	34,00	2,40	81,60	11,65	2,20	1,21	2,66
	34 (6)	29,52	2,10	61,99	10,33	2,40	1,20	2,88
	35 (4)	22,00	2,50	55,00	13,75	2,30	1,38	3,17
	36 (7)	32,00	2,50	80,00	11,43	2,30	1,14	2,62
IV	37 (7)	43,00	2,50	107,50	15,36	2,20	1,00	2,20

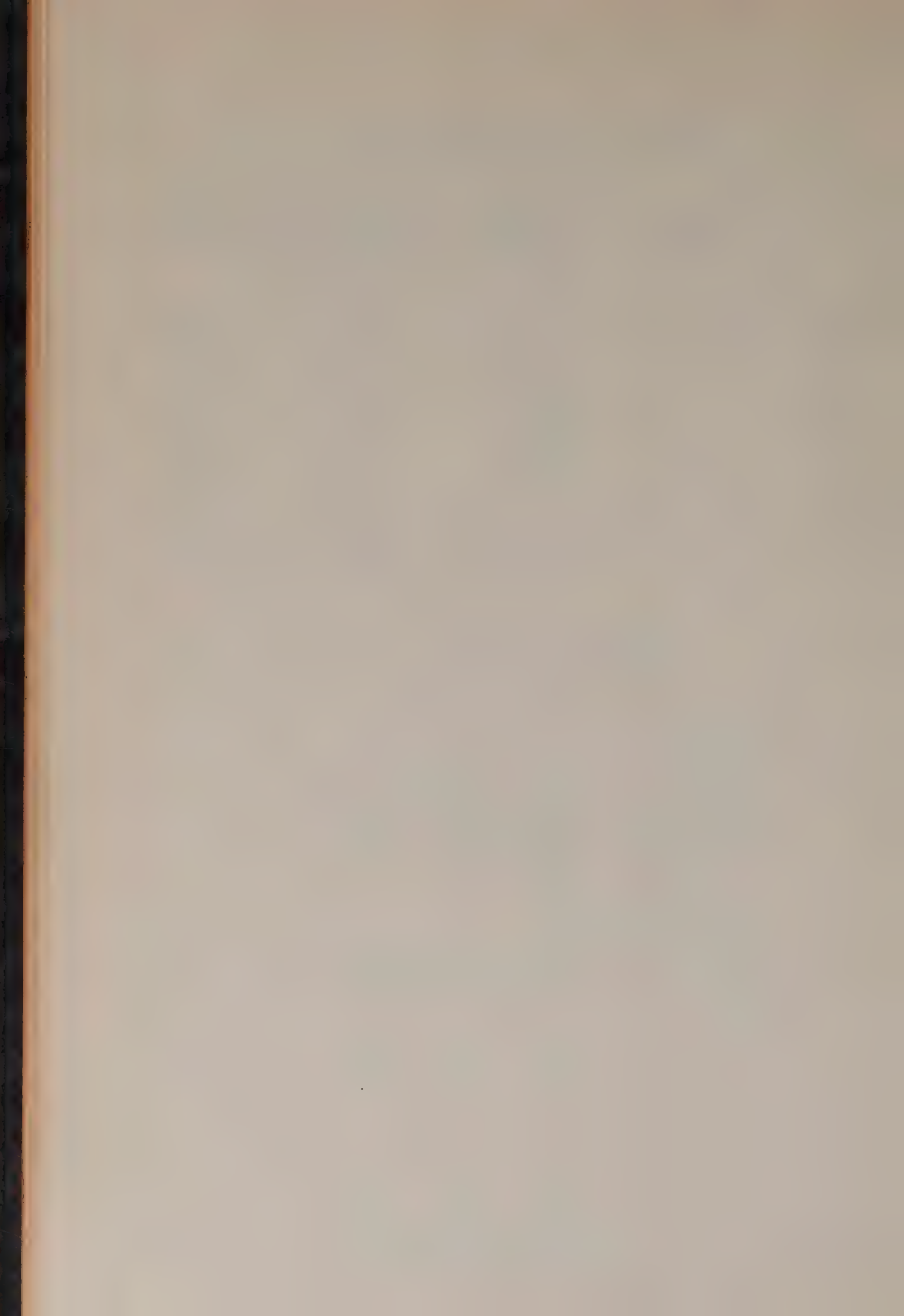
fläche	Türen		Fenster		Luftlöcher	
Gänge einschl. Jaucherinnen m ²	Zahl	Grösse m ²	Zahl	Grösse m ²	Zahl	Grösse m ²
12,75	2	4,8	2	2,80	-	-
8,50	2	4,2	2	0,40	-	-
10,00	2	4,0	3	1,20	-	-
5,40	2	4,0	2	0,42	-	-
108,55	3	7,9	7	7,70	1	0,023
9,10	2	4,6	3	2,10	1	0,040
7,80	2	4,4	1	0,16	4	0,091
7,10	2	4,2	2	0,24	3	0,068
12,60	2	4,4	3	0,45	1	0,006
8,45	2	4,0	3	1,08	8	0,064
10,01	2	4,2	2	0,50	6	0,108
9,60	2	4,4	3	0,48	2	0,090
5,76	2	4,0	1	0,72	3	0,068
12,00	2	4,0	4	1,17	4	0,060
9,10	2	4,4	2	0,32	2	0,045
8,19	2	4,4	2	0,50	5	0,110
8,40	2	4,2	2	0,36	4	0,090
10,40	2	4,6	2	0,70	3	0,068
9,80	2	4,2	4	0,54	2	0,020
7,80	2	4,2	1	0,24	6	0,140
5,59	2	4,4	1	0,25	5	0,200
7,00	2	4,0	2	0,37	5	0,130
18,24	2	4,2	2	0,32	5	0,200
7,68	2	4,2	2	0,24	3	0,055
10,14	3	6,3	4	1,14	5	0,190
11,05	3	6,6	4	0,64	5	0,110
9,60	2	4,4	1	0,36	5	0,130
5,46	2	4,0	1	0,18	4	0,090
6,50	2	4,4	2	0,36	6	0,058
6,00	2	4,4	1	0,21	3	0,068
10,80	2	4,4	2	0,96	2	0,029
96,45	2	6,6	6	3,06	-	-
11,90	2	4,0	3	0,72	4	0,105
9,36	2	4,2	3	0,97	4	0,090
7,15	2	4,2	2	0,39	4	0,088
10,40	2	4,4	3	1,56	3	0,263
15,40	2	4,4	4	1,92	Sieck	

Ergänzungen zu den Ställen Nr.31 - 37

Lfd.Nr.	Anzahl der Schächte	Querschnitt im Stall insges. m ²	Querschnitt der Austrittsöffnung insges. m ²	Höhe ab Stalldecke m
III	31	1	0,0113	7,00
	32	2	2,6000	3,00
	33	1	0,0314	8,00
	34	1	0,0314	7,00
	35	2	0,0800	4,00
	36	1	0,0314	6,50
IV	37	1	0,1600	7,50

Bezeichnung der Gruppen

- I = Rinderställe ohne Lüftungseinrichtung
- II = Rinderställe mit Öffnungen in den Wänden unterhalb der Decke für die Durchlüftung
 - a = Rinderställe mit einseitigen Lüftungsöffnungen
 - b = Rinderställe mit Lüftungsöffnungen an zwei einander gegenüberliegenden Wänden
- III = Rinderställe mit Aussparungen in den Wänden und mit Abluftschächten
- IV = Rinderställe mit Be- und Entlüftungsanlagen nach S c h r e i d e r und S i e c k .



Schweineeställe

	Lfd.Nr. (Zahl GVE)	Grundfläche 2 m	Höhe 2 m	Luftraum m ³		Aufteilung der Grundfläche		
				insgesamt	je GVE	Buchten insgesamt m ²	durchschn. Grösse m ²	Gänge ein- Jaucherin m ²
I	1 (1,8)	33,25	3,00	99,75	55,42	21,85	4,37	11,40
	2 (0,5)	8,00	2,00	16,00	32,00	8,00	4,00	-
IIa	3 (3,3)	66,50	2,40	159,60	48,36	50,20	5,58	16,30
	4 (0,3)	2,16	1,60	3,46	11,53	2,16	2,16	-
	5 (0,6)	8,00	1,70	13,60	22,67	8,00	4,00	-
	6 (0,8)	9,00	2,10	18,90	23,63	9,00	3,00	-
	7 (2,2)	38,25	2,20	84,15	38,25	29,75	3,72	8,50
IIb	8 (1,1)	23,56	2,60	61,26	55,69	12,45	4,15	11,11
	9 (0,5)	6,65	2,20	14,63	29,26	6,65	3,33	-
	10 (0,8)	16,00	2,10	33,60	42,00	11,60	5,80	4,40
	11 (1,2)	23,80	2,00	47,60	39,67	20,06	5,02	3,74
	12 (0,9)	15,20	2,25	34,20	38,00	15,20	7,60	-
	13 (0,2)	3,40	1,60	5,42	27,10	3,40	3,40	-
	14 (0,2)	3,00	2,00	6,00	30,00	3,00	3,00	-
	15 (0,1)	1,96	2,00	3,92	39,20	3,92	3,92	-
	16 (0,2)	3,30	1,60	5,28	26,40	3,30	3,30	-
	17 (0,4)	8,40	2,10	17,64	44,10	6,30	3,15	2,10
	18 (0,2)	3,60	1,80	6,48	32,40	3,60	3,60	-
	19 (0,2)	3,40	1,80	6,12	30,60	3,40	3,40	-
	20 (0,2)	3,00	1,60	4,80	24,00	3,00	3,00	-
	21 (0,4)	7,50	1,70	12,75	31,88	7,50	3,75	-
	22 (0,5)	11,00	1,90	20,90	22,00	11,00	3,67	-
	23 (0,2)	4,10	1,90	7,79	38,90	4,10	4,10	-
	24 (0,2)	3,00	1,90	5,70	28,50	3,00	3,00	-
	25 (0,4)	8,75	1,90	16,63	41,58	8,75	4,38	-
	26 (0,1)	3,75	1,90	7,13	71,30	3,75	3,75	-
	27 (0,2)	4,00	1,80	7,20	36,00	4,00	4,00	-
	27 (0,2)	5,00	1,70	8,50	42,50	5,00	5,00	-
	29 (0,2)	5,00	2,00	10,00	50,00	5,00	5,00	-
	30 (0,1)	3,00	2,00	6,00	60,00	3,00	3,00	-
	31 (0,1)	3,75	2,00	7,50	75,00	3,75	3,75	-
III	32 (7,6)	123,20	2,30	283,60	37,44	75,60	5,04	47,60
IV	33 (15,4)	246,50	2,80	690,20	44,82	200,50	7,16	46,00
	34 (15,4)	246,50	2,80	690,20	44,82	200,50	7,16	46,00
	35 (12,6)	180,00	2,40	432,00	35,15	151,00	5,39	29,00
V	36 (1,4)	25,00	2,25	56,25	40,18	17,80	5,93	7,20

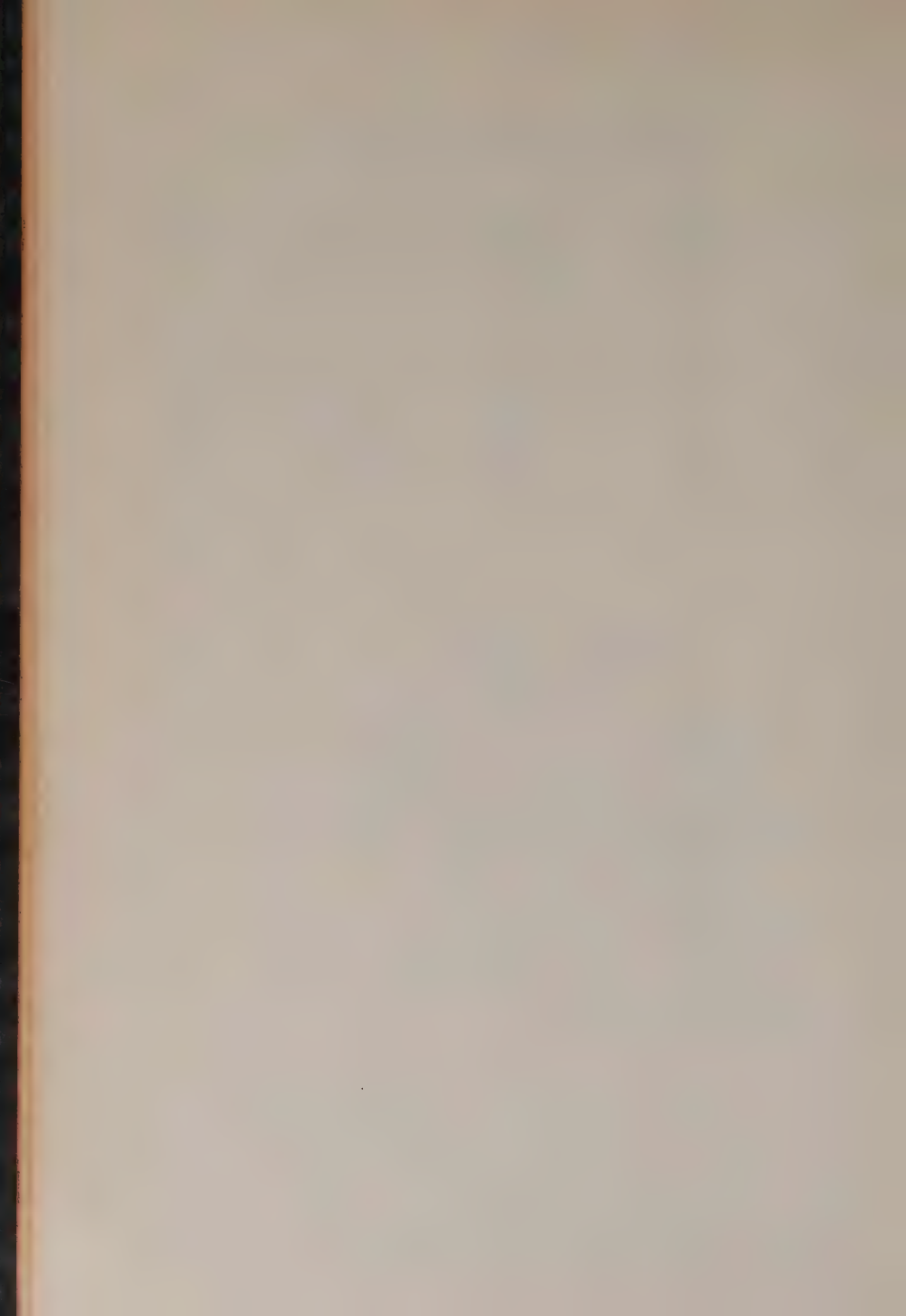
schl. nen	B u c h t e n w ä n d e					T ü r e n		F e n s t e r		L u f t l ö c h e r	
	Höhe m	Material Stein Holz		durch- gehend	mit Lücken	Zahl	Grösse m ²	Zahl	Grösse m ²	Zahl	Grösse m ²
	1,20	+	-	+	-	1	2,2	2	0,72	-	-
	1,60	+	-	+	-	2	3,8	2	0,40	-	-
	1,25	+	-	+	-	2	4,2	5	1,80	3	0,036
	-	-	-	-	-	1	1,6	1	0,18	2	0,030
	1,50	+	-	+	-	2	4,0	-	-	2	0,150
	1,70	+	-	+	-	3	6,3	3	0,53	3	0,090
	1,10	+	+	+	-	1	2,2	3	1,33	1	0,025
	1,20	-	+	-	+	1	2,0	1	0,25	2	0,084
	1,20	+	-	+	-	2	3,6	-	-	4	0,203
	1,00	+	-	+	-	2	4,2	3	1,20	4	0,090
	1,25	+	-	+	-	1	2,0	3	0,49	4	0,090
	1,25	+	-	+	-	2	4,0	3	0,64	4	0,120
	-	-	-	-	-	1	1,6	-	-	4	0,090
	-	-	-	-	-	1	1,8	1	0,30	2	0,013
	-	-	-	-	-	1	1,8	1	0,18	2	0,045
	-	-	-	-	-	1	1,6	1	0,18	2	0,045
	1,10	+	-	+	-	1	1,8	1	0,30	4	0,090
	-	-	-	-	-	1	1,8	-	-	2	0,056
	-	-	-	-	-	1	1,6	-	-	2	0,045
	-	-	-	-	-	1	1,6	-	-	2	0,060
	1,20	+	-	+	-	2	3,2	-	-	4	0,150
	1,20	+	-	+	-	3	5,4	1	0,24	3	0,075
	-	-	-	-	-	1	1,8	1	0,25	2	0,045
	-	-	-	-	-	1	1,9	1	0,18	2	0,060
	1,30	+	-	+	-	2	3,4	-	-	3	0,030
	-	-	-	-	-	1	1,7	1	0,18	2	0,053
	-	-	-	-	-	1	1,7	1	0,20	2	0,045
	-	-	-	-	-	1	1,6	-	-	2	0,040
	-	-	-	-	-	1	1,8	1	0,25	2	0,063
	-	-	-	-	-	1	1,8	1	0,15	2	0,085
	-	-	-	-	-	1	1,7	-	-	3	0,090
	1,20	+	+	+	+	3	7,8	10	2,00	-	-
	0,90	-	+	-	+	5	10,0	12	20,16	-	Sieck-
	0,90	-	+	-	+	5	10,0	12	20,16		Sieck
	0,90	-	+	-	+	6	13,8	10	8,40		Sieck
	0,90	-	+	-	+	1	1,8	1	0,50		Strohütte

Ergänzungen zu den Ställen Nr.32 - 35

Lfd.Nr.	Anzahl der Schächte	Querschnitt im Stall insges. m ²	Querschnitt der Austrittsöffnung insges. m ²	Höhe ab Stalldecke m
III 32	3	0,2700	0,2700	3,50
IV 33	1	0,1225	0,1225	6,50
34	1	0,1225	0,1225	6,50
35	1	0,3025	0,3025	3,00

Bezeichnung der Gruppen

- I = Schweineställe ohne Lüftungseinrichtung
- II = Schweineställe mit Öffnungen in den Wänden unterhalb der Decke für die Durchlüftung
 - a) = Schweineställe mit einseitigen Lüftungsöffnungen
 - b) = Schweineställe mit Lüftungsöffnungen an zwei einander gegenüberliegenden Wänden
- III = Schweineställe mit Abluftschächten
- IV = Schweineställe mit Be- und Entlüftungsanlagen nach S c h r e i d e r und S i e c k
- V = Schweinehütten aus Stroh.



4. Der Untersuchungsgang.

Mit dem Salmiaknebler untersuchte ich die Luftströmungen in je 36 Rinder- und Schweineställen in einer Vorstadt Gießens und einem benachbarten Vorort und einem Rinderstall in Münchhausen im Dillkreis. Von jedem Stall machte ich Aufzeichnungen über Bauart und Ausmaße, über Ventilationseinrichtungen, Viehbestand, Gesundheitszustand der Tiere und über allgemeine Haltungsverhältnisse; ausserdem stellte ich das bei der Untersuchung herrschende Wetter fest. Zu Beginn der Untersuchung mit dem Salmiaknebler wurden sämtliche Fenster und Türen geschlossen, um die Wirkung der Ventilationseinrichtungen unbeeinflusst von offenen Fenstern und Türen zu erkennen.

5. Technik der Untersuchungen.

a) Der Nebler.

Meine erste Aufgabe war, einen Salmiaknebler zu entwickeln. Die von F a i r b a n k s getroffene Anordnung, bei der eine grössere äussere Schale Salmiakgeist und eine kleinere innere Salzsäure enthielt, ergab nur geringe Mengen, die sich im Raum zu schnell verloren. Der erste von mir konstruierte Salmiaknebler bestand aus einem äusseren Glaszylinder (6 cm Höhe, 6 cm Radius) für den Salmiakgeist und einem inneren Zylinder (4 cm Höhe, 3,5 cm Radius) für die Salzsäure. Eine auf dem Boden des grösseren Gefässes liegende, ringförmige Glasscheibe fixierte das kleinere Gefäss in seiner zentralen Stellung. Über beide Glaszylinder wurde ein 15 cm hoher Glastrichter von der Form einer Nutsche (Höhen 8 cm, 4 cm und 3 cm) gestülpt, der eine obere Öffnung von 3 cm Durchmesser besass. In 10 cm Höhe durchbrach ein eingeschmolzenes Zugrohr die Trichterschräge und endete mit 3 mm Durchmesser 1 cm unter dem obersten Rand; ausserhalb des Trichters stand ein kurzer Stutzen vor, an dem ein Gummiballgebläse angebracht war. Durch den Luftstrom sollten die Salmiaknebel mitgerissen werden. Die Nebelmengen waren zwar ausreichend; die Bedienung des Gebläses erschien jedoch zu kompliziert. Auch die Verwendung von 2 Schalen war unbequem und erschwerte insbesondere den Transport der Apparatur.

Zur Vereinfachung ging ich davon aus, die Salzsäure in einem Gefäss zu belassen, den Salmiakgeist aber in saugfähigem Material aufzunehmen. Versuche mit Erlenmeyer-Kolben (500 ccm) mit Salzsäure, in die Drahtgeflechtkörbe verschiedener Grösse, beschickt mit durch Salmiakgeist benetzten Wattebäuschen, eingehängt waren, ergaben reichliche Salmiaknebel, die sich jedoch am Kolbenrand in Form von feinen Kristallen festsetzten oder unter Wirbelbildung im

Flaschenhals verblieben.

Bei Versuchen mit einer Steilbrustflasche von 1000 ccm Inhalt waren die Ergebnisse die gleichen.

Durch Zugabe von Zinkgranula zu der Salzsäure riss der dabei entstehende Wasserstoff die Salmiaknebel mit sich, die dadurch auch bei kaum bewegter Luft den Gefässen reichlich entströmten. Auch die dabei entstehende Wärme mag mitgewirkt haben. Der Nachteil der Verfahren wurde in dem schnellen Verbrauch der Zinkgranula (nach etwa 2 Minuten) gesehen; der Salmiaknebel strömte stoßweise und nicht gleichmässig aus. Meine bisherigen Versuche hatten also ergeben:

1. Die Nebelbildung war umso besser, je näher der Salmiakgeist an die Verdunstungsfläche der Salzsäure gebracht wurde.
2. Die Nebelabgabe - ohne besondere Triebkraft - erfolgte nur ungenügend (Wirbelbildung, Kristallbildung), wenn die Nebel innerhalb des Gefässraumes entstanden.

Das Gefäss für die Salzsäure durfte deshalb nicht hoch sein und die Salmiakbildung musste möglichst nahe dem oberen Rande des Gefässes erfolgen, d.h. der Salmiakgeist musste nahe diesem Rande zu liegen kommen.

Ich liess mir aus Eisenmaschendraht mit einer Maschenweite von 1,5 mm Ringscheiben schneiden, die der Innenwand des Bechers 3 - 4 mm unter dessen oberen Rand eng anlagen und in der Mitte einen Kreis von 5 cm Durchmesser freiliessen. Auf den Drahttring legte ich mit Salmiakgeist getränkten gebleichten Zellstoff von gleicher Form wie die Ringscheibe. Die Entwicklung der Salmiaknebel war bei dieser Anordnung stets gleichmässig gut, namentlich unabhängig von der Luftbewegung.

Für meine Untersuchungen wählte ich einen 400 ccm Griffin-Kochbecher aus Jenaer Glas mit aufgeworfenem Rand und Ausguss. Dieser war 9,4 cm hoch und hatte einen inneren Durchmesser von 7,4 cm, am oberen Rande aber von 9 cm. Zum Schutz umgab ich den Becher mit einem ihm eng anliegenden, 7 cm hohen Korb aus Maschendraht (8 mm Maschenweite), entlang dem Boden und den Seiten des Drahtkorbes lief ein Bügel aus 2 mm starkem Eisendraht, der 5 cm über den oberen Rand des Becherglases hinauslief und in der Mitte über dem Becher in einer Ringöse endete. Um bequem an alle Stellen des Stallraumes mit meinem Vernebler zu gelangen, befestigte ich an einem 1 m langen Holzstab von 2,5 cm Durchmesser in einem Winkel von 45° einen 12,5 cm langen Eisendraht

von 4 mm Durchmesser, der am Ende einen Karabinerhaken trug. Mit Hilfe dieses Holzstabes konnte ich den Salmiaknebler gut an sonst nicht erreichbare Stellen bringen. Der Karabinerhaken wurde in den Ring des Drahtbügels eingehängt, der den Drahtkorb mit dem Griffin-Kochbecher trug; dadurch hatte der Vernebler freie Beweglichkeit.

Für den Transport benutzte ich einen Kasten aus 1 cm starken Brettern, der 33 cm lang, 11,7 cm breit und 18 cm hoch war. In ihm brachte ich die gesamte Apparatur ohne die Haltestange unter; der Kasten enthielt je eine Flasche mit 250 ccm konz. Salzsäure (36%) und konz. Salmiakgeist (25%), gebleichtem Zellstoff, eine Schere zum Schneiden der Zellstoffringe, zwei Ringscheiben aus Eisendrahtgeflecht mit äusserem Durchmesser von 8,5 cm und innerem von 5 cm und einem Metallzollstock von 2 m. Den Kasten konnte ich bequem in eine normal grosse Aktenmappe stellen.

b) Die praktische Anwendung des Neblers.

In den Ställen gab ich ca. 200 ccm Salzsäure in den Kochbecher, tränkte einen Zellstoffring mit Salmiakgeist und legte ihn auf den Drahtgeflechtring. Die Salmiaknebelbildung war sofort reichlich. An der Haltestange konnte ich alle Stellen im Stall bequem erreichen.

Es waren also nur wenige Handgriffe nötig, um den Salmiaknebler in Tätigkeit zu setzen.

Die gute Aufhängung mit dem Karabinerhaken und die relativ grosse innere Reibung der Salzsäure bewirkten, dass nie Salzsäure bei unvermuteten Bewegungen über den Rand floss. Nach den Versuchen wurde die Salzsäure wieder in die Flasche zurückgegossen und konnte für alle innerhalb 8 Monate erfolgenden Versuche benutzt werden. Obwohl bei den letzten Versuchen die Salzsäure durch hineingefallenen Schmutz und Rost von dem Eisendrahring etwas verfärbt war, blieb die Nebelbildung nur gering hinter der anfänglichen zurück. Durch die Salzsäuredämpfe wurde das Eisen des Drahringes korrodiert, was aber bei der Billigkeit des Materials unerheblich ist.

Der Salmiaknebler wurde bei allen Versuchen den Anforderungen der Praxis gerecht.

Nachdem ich mich in einem Stall des Hygienischen Institutes mit der Apparatur und ihrer Wirkungsweise vertraut gemacht hatte, konnte ich in die Ställe von

Bauern gehen und dort mit meinen Untersuchungen beginnen.

c) Die Beurteilung der Luftbewegungen.

Der Bewegung der Luftströmungen wurden die Geschwindigkeit und das Volumen der bewegten Luft zugrunde gelegt. Als "Hauptströmung" wurde die Bewegung grösserer Luftmassen in bestimmter gleicher Richtung bei etwa gleichmässiger Geschwindigkeit bezeichnet. "Nebenströmungen" sind Bewegungen kleinerer Luftmassen, deren Richtung und Geschwindigkeit von der Hauptströmung abweichen. Soweit solche Nebenströmungen spiralig oder kreisförmig verlaufen, sind sie als Wirbel bezeichnet. Die Strömung in Richtung der langen Achse des Raumes wird als "Längs"- und in Richtung der kurzen Achse als "Querströmung" bezeichnet. In gleicher Weise werden die Lagen der Wirbel im Raume gekennzeichnet. Es würde aber zu weit führen, wenn ich jede unbedeutende kleinste Strömung im Stall näher beschreiben würde, da hierdurch der Überblick über die grossen, die Durchlüftung charakterisierenden Luftbewegungen verloren ginge.

6. Die Untersuchungsergebnisse.

a) in Rinderställen.

1. Rinderställe ohne Lüftungseinrichtung.

Ställe ohne jede Anlage der Be- und Entlüftung werden (im allgemeinen) heute nur noch selten angetroffen und stammen aus langvergangerer Zeit. Umso mehr war ich erstaunt zu hören, dass einer der 4 von mir untersuchten Ställe dieser Art erst vor 4 Jahren errichtet worden ist. Der Baumeister hatte angeblich dem Besitzer erklärt, dass man heute keine Ventilationseinrichtungen mehr in die Ställe einbaue. Bei diesen Ställen war der Luftaustausch auf Fugen der Wände, namentlich an den Fenstern und Türen angewiesen, soweit diese nicht offen standen.

Der Luftaustausch durch Lücken der Wände wird namentlich bei bewegter Luft wirksam, die an der Luvseite in den Raum gedrückt und an der Leeseite abgesaugt wird. Darüber hinaus bewirkt der Druck- und Wärmeunterschied zwischen der Innen- und Aussenluft einen sehr beschränkten Luftabfluss nach aussen.

In allen 4 Ställen dieser Art, deren Grösse und innere Einrichtungen aus der Tabelle auf Seite 11 zu ersehen sind, waren die durch Salmiaknebel feststellbaren Luftbewegungen ausserordentlich träge; kleine Wirbel unterbrachen die trägen Luftströme, die ungeordnet nach vielen Richtungen gingen. Selbst über den Kühen, den Wärmequellen des Stalles, fehlte die Auftriebsströmung, was dem hohen Wärmestand der Stallluft entsprach. An den unverputzten Wänden und Decken aus Backsteinen von drei Ställen hatte sich Kondenswasser gebildet. Noch am günstigsten waren die Verhältnisse bei dem Stall Nr.4, dessen Decke aus zwei Lagen Eichenbrettern mit einer zwischenliegenden Lehmschicht bestand. Die hohe Wärmedämmung der Baustoffe Lehm und Holz wirkte sich hier deutlich günstig aus. Der besondere Nachteil dieser Ställe bestand darin, dass die Tierpfleger während der Arbeitszeit auch im Winter aus persönlichem Ekel vor der schlechten Luft Türen und Fenster öffneten; die dann einströmende Kaltluft traf verweichlichte Tiere und war überdies einseitig. Die Voraussetzungen für Erkältungskrankheiten waren dadurch geschaffen.

Die in diesen vier Ställen gehaltenen Rinder gehörten zur Vogelsberger Rasse und wurden als Spanntiere ziemlich regelmässig tagsüber im Freien zum Zug

verwendet. Diesem Umstand ist es wohl zu verdanken, dass der allgemeine Gesundheitszustand dieser Tiere trotz ungünstiger Stallverhältnisse nicht als schlecht bezeichnet werden konnte. Die Vogelsberger Rinder sind genügsam und resistent.

Aus der Untersuchung dieser vier Ställe ergibt sich, dass bei völlig geschlossenem Stallraum im Sommer eine Luftzirkulation im grossen und ganzen fehlt, so dass sogar die über den Tieren stets feststellbare Aufwärtsbewegung der Luft unterblieb. Die Folge der stehenden Luft war, dass auch im Sommer Schwitzwasserbildung mit allen ihren verderblichen Folgen (Durchnässung der Wände, der Decken und selbst der Haut der Tiere) auftrat. Der mangelnde Putz der Seitenwände begünstigte zwar die Abgabe von Luft nach aussen, gleichzeitig aber den Durchgang der Kälte nach innen. Im Winter dürften sich diese Verhältnisse noch viel ungünstiger auswirken, namentlich auch auf das Mauerwerk selbst. Die Ställe liessen beispielhaft alle nachteiligen Folgen der fehlenden Lüfterneuerung im Tierstall hervortreten.

2. Rinderställe mit Öffnungen in den Wänden
unterhalb der Decke für die Durchlüftung.

Die Wände sämtlicher 26 Ställe mit dieser Ventilationsart waren aus Ziegelsteinen in einer Stärke von 26 bis 52 cm errichtet. Zweimal waren sie beidseitig und je viermal nur an den Aussenwänden bzw. nur an den Innenwänden mit Kalkmörtel verputzt; die Wände der übrigen Ställe trugen keinen Putz. Die Decken bestanden in 21 Ställen aus Backsteingewölben, die auf Doppel-Trägern ruhten und meist verputzt waren. Zwei Decken waren aus Hohlblockschwemmsteinen, weitere zwei aus Betondielen und eine aus Brettern mit Lehmauflage errichtet. Den Bodenbelag bildeten Ziegelsteine in 22 Ställen und Beton bzw. Kopfsteinpflaster in je 2 Ställen. In den Ställen Nr.14 und Nr.26 waren die Tiere zweireihig aufgestellt, in den übrigen einreihig. Die Krippen standen stets entlang den Giebelwänden; besondere Futtergänge waren nicht angelegt.

In den Umfassungsmauern dieser 26 Ställe waren unmittelbar unterhalb der Decke Lüftungslöcher durch eingemauerte Tonrohre oder Aussparungen in der Wand angebracht worden. Die eingemauerten Tonrohre wiesen Durchmesser von 8 - 20 cm und die Maueraussparungen Ausmaße von etwa 15 x 15 cm auf. Während die Aussparungslöcher horizontal durch die Wand gingen, zeigten die Tonrohre

bisweilen eine starke Neigung von aussen nach innen, wodurch die Aussenluft eine Richtung nach dem Boden zu erhielt und, wenn die Rohre die Aussenseite überragten, Regenwasser, im übrigen aber Kondenswasser in den Stall geleitet wurde. Ein Grund für diese Einbauart war auch den Besitzern unbekannt. Vielleicht glaubte man, dass durch diese Lage die verbrauchte warme Luft leichter aus dem Stall entweichen könnte. Vielfach tropfte aus diesen Lüftungsröhren Schwitzwasser in den Stall.

Die Wandöffnungen lagen teils nur an einer Wand, teils an einander gegenüber liegenden Wänden, meist in ungleichem Abstand voneinander. Im Winter wurden zumeist alle Löcher, manchmal mit einer Ausnahme, mit Heu oder Stroh fest zugestopft, um die Tiere vor kalter Zugluft zu schützen, obwohl im Winter, in dem die Fenster und Türen geschlossen gehalten wurden, die ständige Ventilation von besonderer Wichtigkeit ist. Bei meinen Untersuchungen trugen die Löcher die Ausstopfungen vom vergangenen Winter noch oft im Hochsommer.

In den Ställen Nr.13 und 21, in denen ausser der Giebelwand nur eine kurze Aussenwand, die andere Innenwand war, wurde eine Gegenöffnung dadurch geschaffen, dass entsprechende Löcher dieser Innenwand in einen mit Schieber versehenen Holzkasten bzw. einen gemauerten Kanal mündeten, die mit der Aussenluft in Verbindung standen; dadurch wurde ein, zwischen Stall und Aussenwand des Gebäudes gelegener Nebenraum von 2,50 m Länge überbrückt. Beide Überbrückungskänge sind nachträglich angebracht worden, nachdem die Stallventilation daran als ungenügend erkannt worden war, dass die Wände "schwitzten".

Die Aussentemperaturen schwankten während meiner Untersuchungen zwischen +2°C und +35°C bei mässigem bis mittelstarkem Wind.

Als Triebkraft für den Luftaustausch kommt bei diesen einfachen Lüftungslöchern vorzüglich der Wind in Betracht, der von einer Seite frische Luft in den Stall drückt und in Stallungen mit zweiseitigen Lüftungslöchern an gegenüberliegenden Wänden auf der Gegenseite die gleiche Menge verbrauchter Luft absaugt. Von dem Temperaturunterschied zwischen Innen- und Aussenluft ist hingegen eine grössere Durchlüftung nicht zu erwarten, weil ein Höhenunterschied zwischen Frischlufteintritt und Altluftaustritt praktisch nicht besteht. Bei Windstille ist also der Luftaustausch unzureichend.

Meine Untersuchungen wurden in vielen Ställen dadurch beeinträchtigt, dass die Türen undicht waren und in den Fensterrahmen die Scheiben zum Teil fehlten. Diese Mängel beeinträchtigten die Beurteilung der ständigen Durchlüftungsanlage, weil sie das Lüftungsvolumen über die gewollte Anlage hinaus erwei-

terten. Die Bauern standen diesen Mängeln meist gleichgültig gegenüber.

Wegen der engen Dorflage waren die Stallmauern mit Lüftungsöffnungen nicht immer zur Hauptwindrichtung west-ostwärts gelegen, ganz abgesehen davon, dass eng benachbarte Gebäude die Luftbewegung abhielten, bzw. ihr kaum übersehbare Richtungen gaben. Die Haupttriebkraft für die Raumdurchlüftung war bei dieser Anlage also äusserst unzuverlässig.

Die Luftströmung im Stall wird massgebend von der Lage der Zu- und Abluftöffnungen zueinander bestimmt. Auf die Luftströmungen nimmt darüber hinaus die Wärmequelle, also das darin befindliche Haustier, Einfluss. Dabei spielt die Lage der Standplätze, namentlich des Grossviehs, zur Hauptströmungsrichtung eine nicht unbedeutende Rolle, zumal durch diese Lage gleichzeitig die Weglänge der Hauptströmung bestimmt wird. Die Gangteile des Stalles sind stets mehr oder weniger ausgeprägte Kältetäler, in denen die Luft sich abkühlt und zu Boden sinkt. Diese allgemein bekannten Voraussetzungen wirken sich unter den verschiedenen Verhältnissen vielgestaltig aus, was aus den Bewegungen der Salmiaknebel hinsichtlich der Intensität (Schnelligkeit und Umfang) und der Richtung deutlich zu erkennen ist.

a) Rinderställe mit einseitigen Lüftungsöffnungen.

Die Lüftungsöffnungen lagen an der Aussenwand (Giebelwand), vor der die Rinder, getrennt durch die entlang dieser Wand verlaufenden Krippe, aufgestellt waren. Hinter der Standreihe, also entlang der entgegengesetzten Wand, verlief der Stallgang. Bezüglich der Grössenverhältnisse der Ställe, der Anzahl der Rinder und der Stallneneinrichtung darf ich auf die Tabelle auf S.11 verweisen.

Die physikalischen Voraussetzungen für die Durchlüftung eines umschlossenen Raumes durch nur einseitige Lüftungsöffnungen sind deshalb ungünstig, weil ein Höhenunterschied zwischen Zuluft Eintritt und Abluft Austritt nur wenige Zentimeter beträgt; die Auftriebskraft des Wärmeunterschiedes zwischen Innen- und Aussenluft also nicht wirksam wird.

Die Nebel senkten sich unmittelbar nach dem Eintritt in den Stall auf die Krippe und wurden, erwärmt durch die aufgestellten Rinder, nach oben gerissen; etwa in Deckenhöhe verliefen sie zum grössten Teile in Richtung der entgegengesetzten Wand, fielen an dieser auf den Stallgang herab, wurden erneut über den Rindern deckenwärts gerissen und zogen im Gegenstrom zur Frisch-

luft auf die Lüftungsöffnungen zu. Hierbei kam es zu einer teilweisen Vermischung mit der von der Krippe aufsteigenden Frischluft. Es war nicht feststellbar, in welchem Maße Frisch- und Abluft an der abgeführten Luft beteiligt waren. Bei den vielen unkontrollierten Spalten und Ritzen der Seitenwände bestimmte die Bewegung der Aussenluft den Umfang der Zuluft sowie der Abluft in weit höherem Maße als die Wärmedifferenz; während einer Bö wird mehr Frischluft in den Stall gedrückt als erwünscht ist.

Neben der oben beschriebenen, etwas unklaren, aber immerhin die Hauptströmung darstellenden Luftbewegung verliefen noch im Querschnitt ellipsoide Strömungen über die Stallgasse und Wirbel zwischen und kurz oberhalb der Rinder sowie in den Winkeln des Stalles.

Nach Umfang und Geschwindigkeit der Nebel bestand mit Ausnahme der nächsten Umgebung der Luftlöcher nur eine sehr träge Luftbewegung, die vorwiegend durch die Wärme der Rinder und nur sehr unzuverlässig durch die einseitigen Lüftungsöffnungen ausgelöst war.

In dem Stall Nr.5 waren auf eine Längswand 5 und auf eine Querwand zwei moderne Kippfenster mit Schwitzwasserrinnen von je 110 x 100 cm ungleichmäßig verteilt. Während meiner Untersuchungen wehte der Wind auf die eine Längswand mit den fünf Fenstern und drückte durch die Schwitzwasserrinnen Luft in den Stall, die infolge der ungleichmässigen Verteilung nicht im ganzen Stall gleich gut zirkulierte. Es wechselten vielmehr Stellen mit reger Luftbewegung, vor allem im Bereich der Fenster, mit solchen mit träger Zirkulation, vornehmlich an den von den Fenstern abgelegenen Stellen ab. Das einzige Lüftungsloch bestand in einem horizontal eingebauten Tonrohr, durch das, wenn ich von den Ritzen der Türen absehen will, Stallluft ein- und ausfliessen konnte, was für diesen relativ grossen Stall in keiner Weise genügte. Da während meiner Untersuchungen die Fenster und Türen geschlossen blieben, stieg das Stallthermometer um 2°C. Die Kippfenster hatten Rahmen aus Lärchenholz, das sich wie Kiefernholz durch die nur geringgradige Quellung bei Stallfenstern gut bewährt hat. Die Schwitzwasserrinnen waren 5 mm breit und führten das Wasser durch eine über die Aussenwand vorstehende und nach aussen geneigte Betondiele aus dem Stall. Der Bauer öffnete die Fenster nicht nur im Sommer, sondern auch im Winter, so oft es das Wetter erlaubte.

Der Einbau von einseitigen Lüftungslöchern unterhalb der Decke hat sich nicht bewährt; sowohl die Luftströmung im Raum als auch die Lufterneuerung sind unzureichend, was sich verschiedentlich durch Kondenswasserbildung kundtat.

b) Rinderställe mit Lüftungsöffnungen an zwei einander
gegenüberliegenden Wänden.

Die Öffnungen für Frischlufteintritt und Altluftaustritt lagen stets an den kurzen Seiten des quer zum First des Stallgebäudes und zumeist an einem Giebelende des Hauses gelegenen Stalles. Die Rinder standen entlang der Giebelwand zumeist in einer Reihe, in den Ställen Nr. 14 und 26 aber in zwei Reihen. Bei einreihiger Aufstellung der Rinder verlief der Stallgang hinter diesen entlang der Trennwand von anderen Räumen des Hauses, bei zweireihiger zwischen den beiden Reihen. Die Tabelle auf Seite 11 enthält nähere Angaben über die einzelnen Ställe.

Auch hier bestand kaum ein Höhenunterschied zwischen Zuluft Eintritt und Abluftaustritt, da die Öffnungen völlig oder fast in gleicher Höhe lagen; der Wärmeartrieb war nicht ausgenutzt. Selbst geringe Luftbewegung bedingte einen Zustrom von Frischluft von der Luv- und auch einen entsprechenden Sog von der Leeseite. Schwanken in der Stärke und Richtung des Windes bedingte teils starke, teils ausreichende oder mangelhafte Lüftung; eine gleichmässige Erneuerung der Stallluft war nicht möglich.

Nach dem Verlauf der Salmiaknebel sank die einströmende Frischluft bis kurz über den Rücken des an der Luvseite stehenden Rindes, wurde von diesem und den benachbarten Rindern erwärmt zur Decke emporgetrieben und strömte quer über die Reihe der Rinder unterhalb der Decke den Öffnungen der Leeseite zu und gelangte durch diese ins Freie. Diese von den Öffnungen der Luvseite zu denen der Leeseite gehende Luftbewegungen stellten die Hauptströme dar. Hierbei traten bei dichter Aufstellung der Rinder keine, bei lockerer geringe Abwärtsbewegungen auf.

Quer zu dieser Hauptströmung liessen die Nebel Nebenströmungen erkennen, also in der Richtung der Längsachsen der Tiere. Ein Teil der Luft des Nebenströmes bewegte sich zur Decke über dem Gang und fiel auf diesen herab, wurde aber durch die Wärme der Tiere hinter diesen wieder in die Höhe gerissen und floß in halber Höhe krippenwärts, fiel kurz auf diese herab und verlor sich dann in der Hauptströmung.

Ausser diesen markanten Nebenströmungen waren gleichartige Wirbel wie bei den Ställen der Gruppen I und IIa zu sehen.

Über Kälbern und Ziegen war der Auftrieb entsprechend ihrer geringeren Wärmebildung kleiner, was durch kleine Abwärtsbewegungen der Nebel erkennbar wurde.

Die Luftbewegung war bei ausreichendem Wind bedeutend intensiver als bei den vorigen Ställen, jedoch waren nicht alle Stellen gleichmässig an dem Luftaustausch beteiligt. Die völlige Abhängigkeit von der Bewegung der Atmosphäre ist geringer als bei nur einseitigen Lüftungslöchern, besteht aber grundsätzlich ebenso. Bei heftigem Wind waren besonders die Tiere in der Nähe der Luftlöcher einseitiger Abkühlung ausgesetzt. Die Stallluft war bei Windstille nach subjektivem Empfinden schlecht.

Der Stall Nr.10 besass eine Neppventilation, bei der die Frischluft in je 4 mit Drahtgeflecht überspannten Löchern 20 cm über dem Erdboden in die Aussenmauern im Abstand von 1,50 m voneinander eingeführt wurde, innerhalb der Aussenwand 1 m stieg und in einer Höhe von 1,20 m zwischen den Fenstern in das Stallinnere mündete. Diese Art der Frischluftzuführung schwächte gegenüber der Zuführung durch die vorher beschriebenen einfachen Öffnungen den Luftzug ab. Die beabsichtigte Vorwärmung der Luft während des Aufstiegs innerhalb der Stallmauern erwies sich jedoch als ungenügend. Dafür trat aber der Nachteil auf, dass im Bereich des Luftkanals die Wärmedämmung kleiner ist und überdies das dünnere Mauerwerk durch Schwitzwasser durchnässt und zu einem besseren Wärmeleiter wurde. In dem Stall Nr.10 traf dies zu: Der Kalkmörtelputz hatte sich im Bereiche der Kanäle in starkem Maße von der Wand gelöst. Überdies war das Lumen der Kanäle durch Schmutz eingeengt und 6 der 8 Aussenöffnungen waren von aussen durch aufgeworfene Erde vollkommen zugedeckt. Infolgedessen war die Zirkulation, gemessen an den Salmiaknebeln, völlig träge und glich der eines Stalles ohne jede künstliche Ventilation.

Die Luftzirkulation erwies sich in Stallungen mit Öffnungen in einander gegenüberliegenden Wänden ebenfalls als nicht ausreichend, da sie sich ganz in die Abhängigkeit der unzuverlässigen Bewegungen der Aussenluft stellt. In Zeiten, zu denen die Fenster- und Türlüftung entfällt, dürfen die Mauer- aussparungen oder Tonrohre nicht sämtlich zugestopft werden. Zur Regelung der ein- und austretenden Luftmengen könnte man vor den Löchern Schieber anbringen, durch die deren Querschnitt je nach der Wetterlage verändert werden kann. Diese Ventilationsart entbehrt stets des Höhenunterschiedes zwischen Zu- und Abluftöffnung.

3. Rinderställe mit Aussparungen in den Wänden und mit Abluftschächten.

Die Wände aller 6 Ställe dieser Art waren aus Ziegelsteinen in einer Dicke von 38 - 52 cm errichtet, und waren in zwei Fällen beidseitig, zweimal nur an der Innenwand und einmal nur an der Aussenwand mit Kalkmörtel verputzt. Das Mauerwerk des 6. Stalles trug keinen Putz. Die Decken bestanden je zweimal aus Backsteingewölben, die auf Doppel-T-Trägern ruhten, aus Hohlblockschwemmsteinen und aus Brettern mit einer Lehmauflage. Den Bodenbelag bildeten überall Ziegelsteine. Die Tiere standen stets in einer Reihe mit dem Kopf der Giebelwand zu; besondere Futtergänge waren nicht angelegt worden.

Die Ställe Nr.31, 33, 34 und 36 hatten je einen und die Ställe Nr.32 und 35 je zwei Abluftschächte, die an der Stalldecke über dem Gang begannen und mit Ausnahme von Stall Nr.35 senkrecht nach oben über das Dach geführt wurden. Während 5 Stallungen zur Frischluftzufuhr Aussparungen oder eingebaute Tonrohre an den sich gegenüberliegenden Aussenwänden besaßen, fehlten bei dem Stall Nr.32 solche Zuluftöffnungen, so dass frische Luft nur durch die Ritzen der Türen und die zum Teil baufälligen Fenster in den Stall gelangte. In keinem Stall standen die Querschnitte der Zuluftöffnungen im richtigen Verhältnis zu dem der Abluftschächte. In den Ställen Nr.31, 33, 34 und 36 bestanden die Abluftschächte aus Tonrohren, in den Ställen Nr.32 und 35 waren sie aus einfachen Brettern erstellt. Sie überragten das Dach nicht um die geforderten 50 cm; auf ihrem oberen Ende trugen sie eine spitz zulaufende Blechhaube. Die Tonrohre hatten keine Isolierung, so dass sich besonders in ihrem oberen Teil Kondenswasser bildete, das teils auf den Stallboden tropfte, teils die Wand unterhalb des Schachtes durchnässte.

Im Stall Nr.32 dienten die Dunstschlote zugleich als Futterluken. Um eine Unterkühlung des Stalles im Winter zu vermeiden, wurden sie bis zum Mai mit einer Schicht Stroh oberhalb des Futtereinwurfes zugestopft. Die einfache Bretterschicht der Dunstschlote hatte den Nachteil, dass durch die Kondensation des Wasseranteiles der aufsteigenden Warmluft das um den Schacht lagernde Heu durchfeuchtet und für die Verfütterung unbrauchbar wurde. Die fehlenden Zuluftöffnungen wurden in diesem Stalle durch Ritzen von Türen und Fenstern "ersetzt".

Die oberen Öffnungen der Abluftschächte von Stall Nr.35 endeten unterhalb des Daches, also im Dachboden. Schwitzwasserbildung konnte ich zwar nicht

feststellen, aber auch nicht, dass die Schächte nennenswerte Mengen verbrauchter Luft aus dem Stall geführt hätten. Die Qualität des über dem Stall lagernden Heues wurde durch die unter das Dach geleitete Abluft gewiss nicht verbessert.

Bei diesen Stallungen wollte man die Wärmearbeitskraft ausnutzen, um die verbrauchte Stallluft in das Freie zu leiten. Die Frischluft wurde überwiegend durch Maueraussparungen und Tonröhren in den Stall geführt.

Die Zirkulationsverhältnisse waren im wesentlichen dieselben wie in den Ställen mit Löchern in einander gegenüberliegenden Wänden ohne Abluftschächte. Lediglich die unterhalb der Decken strömenden Salmiaknebel der Hauptströmung bewegten sich im Umkreis von ca. 1 m auf die unteren Öffnungen der Schlote zu und verliessen durch diese den Stall. Die Luft am Boden blieb von der Saugwirkung der Schächte unberührt. Der Effekt der Holzschächte war zwar besser als der der Tonrohre, doch war überall zu sehen, dass der weitaus grösste Teil der Abluft für seinen Weg nach aussen die Löcher in den Wänden wählte. Ab und zu fiel sogar Frischluft durch die Schächte in den Stall ein. Je stärker die Schwitzwasserbildung war, desto schlechter funktionierten die Abluftschächte. Einrichtungen zur Einengung der Schachtlumina waren nirgends vorhanden.

In keinem der untersuchten Ställe waren die Abluftschächte ihrer Aufgabe gerecht geworden, was seinen Grund besonders in der fehlenden Isolation der Schachtwandungen, zu einem Teil aber auch in den störenden Ritzen und Spalten haben dürfte. Tonrohre sind wegen ihrer relativ grossen Wärmeleitfähigkeit für Abluftschächte sehr wenig geeignet.

4. Rinderställe mit Be- und Entlüftungsanlagen

nach S c h r e i d e r und S i e c k .

Ich hatte Gelegenheit, nur einen Rinderstall mit dem Ventilationssystem nach S c h r e i d e r und S i e c k zu untersuchen. Dieser Stall (Nr.37) war 1938 in dem Dorf Münchhausen /Dillkreis im Westerwald nach einem Plan der Landwirtschaftsschule in Herborn erbaut worden. Für die Umfassungsmauern und den Boden hatten Hohlziegelsteine als Baumaterial gedient. Die Wände waren 42 cm dick und weder innen noch aussen verputzt. Die Decke bestand (über den Zuluftkanälen) aus einer Bretterschicht mit Lehmauflage und einer dünnen Betonschicht darüber. Ausser dem Stallgang war ein erhöhter Futtergang angelegt worden.

Die Schmalseiten des Stalles lagen in der Hauptwindrichtung; an jeder von beiden waren 8 Aussparungen von 25 x 25 cm in gleichmässigem Abstand. Diese 16 Luftlöcher führten in einen ungeteilten flachen 15 cm hohen Raum unter der Decke. An der Leeseite waren die Löcher lose mit Heu zugestopft. Besondere Vorrichtungen zum Verändern des wirksamen Lumens der Öffnungen an beiden Schmalseiten waren nicht angebracht worden. 60 cm lange, 30 cm breite und 5 cm hohe Bimssteinplatten, die zwischen ihren Längsseiten einen Abstand von 1/2 bis 3 cm aufwiesen, lagen auf Balken und liessen durch ihre Zwischenräume die Frischluft in den Stall strömen. Der Abluftschacht begann auf dem Boden und stand in der Ecke des Stallganges und zwar an der Leeseite. Auf einer Seite war der Schacht unten bis 40 cm über dem Boden offen. Da ich die Untersuchungen im November bei einer Aussentemperatur von +2°C vornahm, war die 30 x 30 cm grosse Öffnung der Sommerlüftung mit einer Klappe verschlossen. Für den Bau des Dunstschlotes waren innerhalb des Stalles Hohlziegelsteine verwendet worden. Über der Stalldecke wurde der Schacht nicht senkrecht, sondern 5 m weit in einem Winkel von 60° parallel dem Dach weitergeführt. Von da an war der Verlauf senkrecht und zwar 1 m unterhalb und 1,50 m oberhalb des Daches. Von der Stalldecke an bis zum oberen Ende bildeten 3 cm starke Bretter in einfacher Schicht die Schachtwandungen. Der über das Dach hinausragende Teil war mit Blech umkleidet und trug am oberen Ende keine Watterschutzhaube.

Hierbei wurde die verschiedene Schwere der Aussen- und Stallluft ausgenutzt und Abstand genommen von der unsicheren Windkraft. Die Frischluft sinkt durch ihre Schwere allmählich von der Stalldecke zu Boden und besorgt eine gründliche Durchmischung der gesamten Stallluft. Ohne Zug zu verursachen, saugt der Dunstschlot die Luft am Boden an und leitet sie ins Freie. Der Wirkungsgrad der Entlüftung wird durch Höhe und Querschnitt des Schachtes und die Temperaturdifferenz zwischen Aussen- und Raumluft bestimmt.

Von der Decke an rieselten die Salmiaknebel bis kurz über den Boden mit fast gleicher Geschwindigkeit. Durch die verschiedene Weite der Lüftungsschlitze wurde die Strömungsgeschwindigkeit nicht beeinflusst, sondern lediglich die Menge der eintretenden Zuluft. An allen Stellen über dem Boden bewegten sich die Nebel auf die untere Schachttöffnung zu und erfuhren in deren Nähe nur eine unbedeutende Beschleunigung. Im Gegensatz zu den vorher geschilderten Ställen fielen die zahlreichen Wirbel in den Ecken und Kanten fast völlig weg.

Stall und Tiere hinterliessen einen guten Gesamteindruck; die Leistungen der Kühe waren gut.

In verschiedenen Gegenden der Bundesrepublik hatte ich die Möglichkeit, solche Ställe zu besichtigen. Es handelte sich fast ausschliesslich um Neubauten; in einem Fall hatte man aber in einen älteren Stall ohne sehr grosse Umstände und ohne bedeutende Unkosten Zuluftkanäle und Abluftschächte eingebaut. Überall war das Stallklima für Tiere und Personal sehr günstig.

b) Untersuchungsergebnisse in Schweineställen.

1. Schweineställe ohne Lüftungseinrichtungen.

2 der 36 untersuchten Schweineställe unterschieden sich von anderen durch das völlige Fehlen von Lüftungseinrichtungen. Die Wände von Stall Nr.1 waren als Ziegelmauerwerk von 38 cm Stärke errichtet und beiderseits mit Kalkmörtel verputzt. Als Bodenbelag hatten ebenfalls Ziegelsteine gedient. Bretter mit 1/2 cm breiten Ritzen zwischen sich und einer Lehmschicht darüber bildeten die Decke. Die Aussenmauern von Stall Nr.2 waren ebenfalls aus Ziegelsteinen in einer Stärke von 26 cm gebaut worden und waren weder innen noch aussen verputzt. Auch der Boden und die Decke bestanden aus Ziegelsteinen. Der Stall erinnerte an die auf mittelalterlichen Bildern dargestellten "Saukoben" mit dem nachteiligen Unterschied, dass jene aus Holz, dieser aber aus Ziegelmauerwerk errichtet war. Der Raum besass weder Fenster noch künstliche Beleuchtung. Die Fütterung erfolgte vom Hofe aus in den der Mauer entlang errichteten Trögen; durch eine Tür konnte man den Stall betreten.

Da die Bedingungen für den Luftaustausch bei den Schweineställen die gleichen sind wie bei den Rinderställen gleicher Ventilationsart, darf ich bezüglich der den Luftaustausch bewirkenden Kräfte auf die entsprechenden Abschnitte über die Rinderställe hinweisen.

Wie in den Rinderställen ohne Ventilationsanlagen zeigten auch hier die Salmiaknebel keine Hauptströmung an. Während die Luft vom Boden bis ca. 60 cm unterhalb der Buchtenwände, also die Luftschichten im Bereiche der Atmungsorgane der Schweine, beinahe stagnierte, bewegte sie sich darüber bis zur Decke in vielen kleinen Wirbeln. Im Stall Nr.1 waren über den 4 Buchten zwar die im nächsten Abschnitt näher beschriebenen grossen Wirbel angedeutet, doch war die Luftzirkulation sehr träge und konnte wegen der vielen kleinen Wirbel nicht klar erfasst werden.

Bei dieser ungenügenden Luftbewegung - von einer Lüfterneuerung kann nicht die Rede sein - bildete sich natürlicherweise Schwitzwasser und schuf im Sommer bei feuchtwarmer und im Winter bei feuchtkalter Stallluft eine besonders für die Ferkel ungünstige Atmosphäre. In beiden Ställen herrschten oft Ferkelgrippe und Pneumonie. Bei solchem Stallklima ist die Futteraufnahme und -verwertung schlecht. Im Sommer ist für Mastschweine die Gefahr eines plötzlichen Todes infolge Wärmestauung gegeben. Durch schlechte Zuchtergebnisse und Mastergebnisse war die Rentabilität der Schweinehaltung minimal. Zu diesen ungeeigneten Haltungsbedingungen kam bei Stall Nr.2 noch eine sehr vernachlässigte Pflege, so dass die Schweinehaltung gewiss unwirtschaftlich war. Es ist einfach unverständlich, dass Menschen von ihren in höchstem Maße unhygienisch gehaltenen Schweinen, deren Ställe sie nur mit Widerwillen betreten, grossen Nutzen erwarten. Im Sommer kann zwar der Luftwechsel durch offengehaltene Türen und Fenster, soweit welche vorhanden sind, erfolgen, und mittags können sich zumeist die Schweine ein paar Stunden im Freien bewegen; im Winter kommen diese beiden Möglichkeiten jedoch in Wegfall. Ritzen von baufälligen Fenstern und Türen ersetzen in der kalten Zeit die "künstliche Ventilation". Bezüglich der Unzulänglichkeit dieser Art von Schweineställen gilt das bei den Rinderställen ohne künstliche Ventilation Gesagte.

2. Schweineställe mit Öffnungen in den Wänden unterhalb
der Decke für die Durchlüftung.

Unter den 36 Schweineställen waren 29, bei denen durch Öffnungen in den Wänden ein Luftaustausch gewährleistet werden sollte. Die baulichen Einrichtungen dieser Ställe wiesen erheblichere Mängel als die entsprechenden Rinderställe auf; 16 bestanden nur aus einer Bucht, in die man ohne irgendeinen Gang direkt von der Tür aus gelangte. Die Wände sämtlicher 29 Ställe waren in Ziegelmauerwerk in einer Stärke von 12 - 52 cm erbaut. Nur in je einem Falle waren sie aussen oder innen mit Kalkmörtel verputzt; die restlichen waren in Ziegelrohbau errichtet. Ein Mauerwerk von 12 oder 15 cm Dicke, wie ich es oft messen konnte, ist niemals in der Lage, den Wärmestand der Ställe bei wechselndem Wetter auch nur annähernd gleichmässig zu gestalten. Für diese Decken waren in 12 Ställen Ziegelsteine, in je einem Schwemm- oder Hohlblockschwemmsteine, und in 16 Ställen Holz verwendet; Bretter mit kleinen Zwischenräumen waren mit einer 6 - 12 cm hohen Lehm- oder Schlackenschicht und einer

weiteren Lage Bretter abgedeckt. Der Fussboden wurde in 25 Ställen durch Ziegelsteine und in je 2 durch Hohlziegelsteine bzw. Beton gebildet. Nur in wenigen Stallungen trennten Holzpritschen die Schweine vom Fussboden. Wie aus der Tabelle auf Seite 13 ersichtlich ist, waren nur einige Fenster eingebaut, die überdies zumeist schadhaft waren. Besonders bei den aus nur einer Bucht bestehenden Ställen fehlten die Fenster oft völlig. Über den Türen befanden sich Ausschnitte in Ausmaßen bis zu 60 x 25 cm, die im Winter mit alten Säcken verhängt wurden, um die kalten Winde wenigstens etwas abzuschwächen.

In den 13 Ställen mit zwei oder mehr Buchten waren die Buchtenwände aus Ziegelsteinen oder Beton in einer Dicke von 8 - 15 cm und in Höhen von 1,00 bis 1,70 m gemauert. Bohlen mit 5 - 10 cm breiten Zwischenräumen bildeten im Stall Nr.8 die 1,20 m hohen Buchtenwände.

Wie bei den entsprechenden Rinderställen waren auch hier die Lüftungsöffnungen willkürlich angeordnet und bestanden in Aussparungen der Umfassungsmauern nahe der Decke, oder horizontal eingemauerten Tonröhren. Die Querschnitte der Aussparungen waren vielfach grösser als die der Rinderställe; ihre Grösse schwankte zwischen 8 - 12 cm und 50 x 50 cm. In Ställen mit grossen Lüftungsöffnungen herrschte bei windigem Wetter Zug. Die selten verwendeten Tonröhren wiesen einen Durchmesser von 8 - 15 cm auf.

Auch bei den Schweineställen lagen die Lüftungsöffnungen teils an nur einer Wand, teils an zwei sich gegenüberliegenden Wänden. Während des Winters wurden die Maueraussparungen vielfach mit Heu oder Stroh verstopft.

Die den Luftaustausch bewirkenden Kräfte waren dieselben wie die in den Rinderställen, worauf hier verwiesen sei.

a) Schweineställe mit einseitigen Lüftungsöffnungen.

Obwohl die Möglichkeit einer Querdurchlüftung bestand, lagen bei 5 Schweineställen die Maueraussparungen nahe der Decke an nur einer Aussenwand. Die Stallgrösse, das Gesamtgewicht der Schweine, umgerechnet auf GVE, sind in der Tabelle auf Seite 13 verzeichnet.

Die Auftriebskraft war trotz der meist grösseren Ausmaße der Lüftungsöffnungen nicht grösser als in den Rinderställen, also kaum wirksam.

In den Kleinställen (eine Bucht) fiel, gemessen an den Salmiaknebeln, die Kaltluft zum Boden und strömte, je nach der Bewegung der Aussenluft mit ver-

schiedener Intensität, bis ca. 60 cm über dem Boden und stieg durch die Wärmeabgabe der Schweine an der den Lüftungsöffnungen gegenüberliegenden Wand zur Decke hoch und nahmen an dieser entlang ihren Weg, um durch die Öffnungen ins Freie zu fließen. Bei windigem Wetter entstand starker Zug. Die untersten Luftschichten des Stalles hatten an dem Luftaustausch nur geringen Anteil; kleine Wirbel bildeten sich allenthalben. Auch bei Ställen mit zwei Buchten sank die Frischluft zunächst in die erste Bucht bis ca. 60 cm über dem Boden. Vor der Buchtentrennwand stieg sie bis zur Decke und strömte dieser entlang über der zweiten Bucht zur Gegenwand, fiel an dieser und wurde auf ihrem Weg über dieser Bucht erwärmt, so dass sie vor der Buchtenwand wieder zur Decke emporstiegen und ihr entlang über der ersten Bucht den Lüftungsöffnungen zuströmten. Die Hauptströmung stellte also hier eine "8" dar. Liegen mehr als zwei Buchten hintereinander, so bewegten sich die Nebelspuren entsprechend in weiteren Schleifentouren. Wirbelbildung sah ich auch hier an vielen Stellen, besonders aber nahe dem Boden.

Im Stall Nr.3 war eine "Nepp"-Ventilation eingebaut. Da sie aber nur einseitig angelegt war und zudem kein Dunstschlot vorhanden war, ergaben die Nebelspuren keine günstige Luftumwälzung.

Ställe mit Lüftungslöchern an nur einer Aussenwand lassen zwar eine Luftzirkulation erkennen, doch ist diese bei Windstille völlig unbedeutend, während bei Wind Zugluft entsteht. Die Luftschichten am Boden bleiben von der Luftbewegung fast unberührt; erst in ca. 60 cm Höhe werden sie nur wenig bewegt. Die Ferkel waren nach Aussagen der Besitzer oft an Pneumonie und Ferkelgrippe erkrankt.

b) Schweineställe mit Lüftungsöffnungen an zwei
einander gegenüberliegenden Wänden.

Bei den Stallungen mit einem Futtergang lagen die Zu- und Abluftöffnungen an den senkrecht zum Gang verlaufenden Aussenwänden. Unter den 24 Ställen dieser Art waren 15 mit nur einer Bucht und ohne Futter- oder Mistgang.

Die Zu- und Abluftlöcher lagen in gleicher Höhe, so dass im wesentlichen nur die Triebkraft des Windes für die Stallventilation zur Verfügung stand. Die Frischluft sank nach dem Eintritt in die Kleinstställe nur wenig nach unten und verliess infolge der kurzen Entfernung zwischen Zu- und Abluftöffnungen den Stall sehr rasch, ohne eine gründliche Durchmischung der Stallluft bewirkt

zu haben. Auch hier waren es wiederum die unteren Luftschichten, die an dem Luftaustausch nur geringen Anteil hatten.

Unter den Stallungen mit mindestens zwei Buchten besaßen nur 4 einen Futtergang, bei den anderen wurde wie bei den Kleinstställen von aussen gefüttert; in jede der einzelnen Buchten führte von aussen eine Tür. Die Buchtenwände von Stall Nr.8 waren aus Brettern errichtet, die der anderen aber aus Steinen.

Die Luftbewegung (nach den Salmiaknebeln beurteilt) verlief ähnlich wie in Ställen mit Lüftungsöffnungen an nur einer Wand. Der Unterschied bestand darin, dass die Hauptströmung durch die Abluftöffnungen nach aussen geführt wurde und nicht zur Eintrittsöffnung zurückgelangte. Wesentlich für den Verlauf der Hauptströmung war neben der Triebkraft des Windes die Höhe und der Abstand der Buchtenwände von der Aussenwand bzw. der nächsten Buchtenwand in der Richtung der Hauptströmung. Je höher die Buchtenwände und je geringer jener Abstand waren, desto weniger nahmen die Luftmengen der Buchten an der Zirkulation teil. Waren die Buchtenwände aber niedrig und der Abstand voneinander gross, so wurden auch tiefere Schichten der Buchtenluft in die Strömung einbezogen; fast stets blieben aber die untersten ca. 50 cm davon unberührt. Die Wirbelbildung war auch hier besonders in Bodennähe am bedeutendsten.

In den Buchten von Stall Nr.8 wurde auch die Luft am Boden von der Strömung erreicht, jedoch entsprechend der geringen Öffnungen nur unzureichend.

Die Lüftung des Stalles Nr.11 wurde durch zwei horizontal von Aussenwand zu Aussenwand gehende und frei mit der Atmosphäre verbundene viereckige (Querschnitt quadratisch, 15 cm Seitenlänge) Holzkanäle bewirkt. Sie lagen in den von Decke und Innenwänden gebildeten Winkeln; in einem Abstände von je 40 cm von den Aussenwänden sowie in der Mitte war das senkrechte Brett der Kanäle durch Aussparungen von 25 x 10 cm bzw. 125 x 10 cm offen. Obwohl eine "Luftberieselung" durch die grossen Öffnungen nicht erwartet werden konnte, war Zugluft nicht feststellbar. Angeblich wurde die Lüftung stets - auch im Winter, ausser bei extrem grosser Kälte - offen gehalten.

In Ställen mit Lüftungslöchern an einander gegenüberliegenden Wänden war die Luftumwälzung zwar besser als bei einseitig ventilierten Ställen, jedoch auch völlig von den wechselnden Bewegungen der Aussenluft abhängig. Damit auch die unteren Luftschichten der Buchten Anteil an dem Luftaustausch haben, müssten an die Stelle der durchgehenden Buchtenwände aus Ziegelsteinen oder Beton Buchtenbegrenzungen mit grossen Zwischenräumen, am besten aus Holzstangen oder

Brettern, treten. Bei den meisten Ställen, die ich untersuchte, wäre eine bessere Stallpflege (regelmässiges Ausdüngen, ausreichende Einstreu und Kalken der Wände) dringend geboten. Der Gesundheitszustand der Schweine, besonders aber der Ferkel, war oft unbefriedigend.

3. Schweineställe mit Abluftschächten.

Zu dieser Gruppe gehörte nur der Stall Nr.32. Seine Wände waren aus Ziegeln in einer Stärke von 32 cm gemauert und auf beiden Seiten verputzt. Als Bodenbelag dienten ebenfalls Ziegelsteine. Die durch ein Pultdach gebildete Decke bestand aus einer doppelten Bretterschicht mit einem hohlen Zwischenraum von 14 cm Höhe. Aussen war das Dach zum Wetterschutz mit Teerpapier bespannt. Der Futtergang lag an der langen Innenwand. Sämtliche Buchten grenzten an die lange und niedrigere Aussenmauer.

Die 90 cm hohen Buchtenwände waren teils durchgehend aus Steinen oder Brettern, teils mit Querspalten so erstellt, dass am Boden ein dickes, 35 cm breites Brett und mit je 15 cm Abständen darüber 2 schmale Bretter lagen.

Zuluftöffnungen fehlten gänzlich. Die 3 Abluftschächte begannen an der Decke über dem langen Gang im Abstand von 11 m voneinander. Sie bestanden aus einer doppelten Schicht von 2 cm starken Brettern mit einer zwischenliegenden 3 cm dicken Stroh-Lehm-Schicht zur Isolation. Die dem Schachtlumen zugekehrten Brettseiten waren glatt. Nahe der oberen Schachtöffnung war in jedem der Schächte eine vom Stall aus einstellbare Schwenklappe eingebaut worden, durch die im Winter ein unerwünscht starkes Entweichen warmer Stallluft unterbunden werden konnte. Nach Angaben der Fachliteratur für Stallbau sollen Abluftschächte, von der Stalldecke bis zur oberen Öffnung gemessen, doppelt so hoch sein wie die Höhe der Ställe; diese Forderung war hier nicht erfüllt worden. Die Schächte endeten etwa 30 cm über dem Pultdach; die oberen Öffnungen lagen unterhalb des Firstes der benachbarten Gebäude.

Während im Sommer vielleicht die offenen Fenster und Türen für die Zuluft ausreichend waren, wurden sie im Winter geschlossen gehalten. Frischluft konnte dann nur durch die Ritzen und Spalten an Türen und Fenstern eintreten.

Die Salmiaknebel bewegten sich nach dem Schliessen von Fenstern und Türen nicht mehr und zeigten keine Hauptströmung an. Nur in der Nähe der Abluftschächte zeigte die Luft raschere Bewegung, so dass reichlich Stallluft ins Freie ge-

leitet wurde. Innerhalb der vollständig umkleideten Buchten war die Strömung der Nebel träge, erfasste aber in den Buchten, deren Trennwände Zwischenräume aufwiesen, auch die Luftschichten am Boden. Oberhalb der Buchten waren größere Wirbel nur angedeutet und von kleinen Wirbeln unterbrochen. Einem geringen Nachteil dieser offenen Buchtenumgrenzung hinsichtlich Reinigung, möglicherweise auch hinsichtlich Begünstigung einer Infektion von Bucht zu Bucht, steht der grosse Vorteil des bedeutend günstigeren Stallklimas gegenüber, wodurch die Tiere beträchtlich resistenter gegen alle Krankheiten werden.

Der beschriebene Stall, dessen Pflege in keiner Weise vernachlässigt wurde (die Einstreu aus Sägemehl wurde wöchentlich zweimal erneuert), könnte durch Einbau von Frischluftkanälen erheblich verbessert werden.

4. Schweineställe mit Be- und Entlüftungsanlagen

nach S c h r e i d e r und S i e c k .

In einem grösseren Betrieb Gießens hatte ich Gelegenheit, 3 Schweineställe mit dem Be- und Entlüftungssystem nach S c h r e i d e r und S i e c k zu untersuchen.

Zwei der Ställe (Nr.33 und 34) waren in den gleichen Ausmaßen und parallel zueinander errichtet worden. Die Lüftungskanäle beider Ställe lagen in der Hauptwindrichtung west-östlich. Der dritte etwas kleinere Stall (Nr.35) aber war im rechten Winkel zu den beiden vorigen erstellt worden, so dass seine Kanäle quer zur Hauptwindrichtung lagen.

In den Ställen Nr.33 und 34 waren die Umfassungsmauern aus Ziegelsteinen von 42 cm Stärke gebaut worden und waren beidseitig verputzt. Den Bodenbelag bildeten ebenfalls Ziegelsteine. Die Decken bestanden aus zwei Bretterlagen mit einer zwischenliegenden Lehmschicht.

Die Wände der je 28 Buchten, die zur Hälfte rechts und links vom Futtergang lagen, waren 90 cm hoch. Sie begannen am Boden mit einer 35 cm hohen Bohle und hatten darüber mit Abstand 2 - 3 schmalere Bretter. Beide Ställe hatten nach der dänischen Aufstellungsart besondere Kotplätze entlang der Aussenmauern. Die Einstreu bestand aus Sägemehl.

Die Wände von Stall Nr.35 waren 50 cm dick und bestanden aus 2 Lagen 2 cm starker Bretter mit Maschendraht an ihren Innenseiten und 46 cm Torffüllung zwischen den Brettern. Obwohl Torf sehr wärmedämmend ist, erwies sich der frei-

stehende Stall, dessen eine Längswand nach Nordosten zeigt, bei strenger Kälte als ungenügend warm, so dass auf diese Wand von aussen noch eine Bretterschicht genagelt worden war. Ziegelsteine bildeten den Boden. Die Decke war aus Holz; darüber lagerte Stroh. Die Buchtenwände waren in der gleichen Weise erstellt worden wie in den beiden anderen Ställen.

In den beiden erstgenannten Ställen durchzogen je 11 Kanäle in gleichmässigem Abstand den Stall von Breitseite zu Breitseite. Zum Schutz gegen Unrat und auch, um das Hineinfliegen von Vögeln zu verhindern, waren die Außenöffnungen der Kanäle mit Drahtgeflechten versehen. Vom Stall aus konnte das Kanallumen durch Klappen an beiden Außenöffnungen reguliert werden. Die Kanäle waren 60 cm breit und 20 cm hoch. Durch waagrecht angeordnete und nach unten offene Schlitze rieselte die frische Luft zugfrei in den Stall. Der 3. Stall hatte 5 Kanäle, die je 90 cm breit und 20 cm hoch waren und wiesen ebenfalls auf ihrer Unterseite quer angeordnete Schlitze auf. Die Schlitze der Kanäle begannen in den drei Ställen, entgegen der allgemeinen Auffassung, schon bald nach Eintritt in das Stallinnere. Bei meinen Untersuchungen im November konnte ich nirgends die befürchtete Schwitzwasserbildung feststellen. Alle drei Ställe besaßen nur je einen Abluftschacht, der über dem Mittelgang am Boden nahe einer kurzen Wand begann und 30 - 50 cm über dem Dache endete.

Die Wirkungsweise der Be- und Entlüftung von S c h r e i d e r und S i e c k wurde bereits besprochen.

Die Salmiaknebel zeigten, dass die Frischluft allmählich aus allen Spalten der Kanäle zum Stallboden rieselte, und eine gute Luftumwälzung im ganzen Stall bewirkte. Da die Buchtenwände nicht massiv errichtet waren, fehlten die grossen Wirbel, die ich bei den vorher besprochenen Ställen oberhalb der durch massive Wände begrenzten Buchten feststellte. Vom Boden aus strömte die Luft zu den Dunstschloten hin und erfuhr nur durch die Bewegungen der Tiere und beim Umfliessen von Buchtenwänden und Tiere kleine unbedeutende Wirbel.

Während der Versuche hatte ich in einem der beiden gleichartigen Ställe durch eine Klappe den Schacht ausgeschaltet. Als Folge stieg die Luftfeuchtigkeit von 70 auf 80%, um nach dem Öffnen der Klappe und einzelner Fenster schnell wieder auf den alten Wert zu fallen.

Zu diesen günstigsten Haltungsbedingungen kam noch eine hervorragende Stallpflege; entsprechend wurden in allen drei Ställen gute Mastleistungen erzielt.

Bei Stallneubauten sollte man daher, wenn es sich nicht gerade um kleine Ställe

le handelt, das vorzügliche Ventilationssystem von S c h r e i d e r und S i e c k in Anwendung bringen und an den Buchtenbegrenzungen ausreichende Spalten lassen. Das dadurch erzeugte günstige Stallklima wird sich in guten Zucht- und Mastleistungen auswirken.

5. Schweinehütten aus Stroh.

Die Zuchthütten gewähren Einzelhaltung, um Muttertiere und Ferkel gegen Ansteckungsgefahr aus benachbarten Buchten zu schützen. Die Aufzucht im Freien begünstigt einen gesunden, lebenskräftigen Nachwuchs. Die Aufzuchterfolge in diesen Hütten übertreffen die Ergebnisse der Stallhaltung. Hinsichtlich der erträglichen Mindesttemperaturen sind zwar die Ansichten geteilt; es ist jedoch erwiesen, dass auch Winterwürfe im Freien gut gedeihen. Dadurch, dass die Hütten gewöhnlich von den anderen Ställen entfernt liegen, bringen Fütterung und ^Pflege ein gewisses Mehr an Arbeit mit sich. Auf Höfen, die sich intensiv mit Schweinezucht befassen, lohnt sich erfahrungsgemäss die Mehrarbeit.

Auf dem letztgenannten Hofe befand sich eine Zuchthütte für 3 Mutterschweine. Sie bestand aus einem Holzgerüst, abgedeckt mit Pultdach aus mit Teerpappe bespannten Brettern. Die Umkleidung bestand aus ^Preßstrohhallen, die unterhalb des Pultdaches einen ringsum laufenden Spalt freiliessen. Auf dem Erdboden lag in den Buchten eine hohe Strohschicht. Die Buchten waren durch wenige schmale Bretter mit grossen Zwischenräumen voneinander geschieden.

Strohhütten sind gut ventiliert, warm und trocken; sie sind mit gutem Erfolg vielfach eingeführt.

Die Frischluft, an den Salmiaknebeln gemessen, sank besonders durch die obere Spalte an der Luvseite nach unten, durchmischte gründlich die gesamte Innenluft und entwich in sichtbarer Menge besonders an der Leeseite durch diese Spalte.

Auf Grund der hervorragenden Zuchtergebnisse, die in diesen Hütten erzielt worden sind, empfiehlt es sich, die Schweinezucht, soweit genügend Arbeitskräfte zur Verfügung stehen, in solche Hütten zu verlegen.

IV. Besprechung der Ergebnisse.

Durch Salmiaknebel lassen sich die Geschwindigkeit und der Umfang der Luftströmung sichtbar machen, so dass zwischen einer Hauptströmung und Nebenströmungen unterschieden werden kann; nebenher sind grössere und kleinere kreis- oder spiralförmige "Wirbel" feststellbar. Unabhängig von den Lüftungsöffnungen erreicht die einseitig zugeführte Frischluft nicht die Luftteile in der Tiefe enger und von Vollwänden umgrenzten Schweinebuchten, sowie von quer zum Frischlufteinfall in Reihe aufgestellten Rindern. Luftanteile des Stallraumes werden nur von der Frischluft getroffen, die von der Decke in schmalen Streifen zu Boden "rieselt".

Abgesehen von diesen Verhältnissen ruht die Luft in Ställen ohne jede Luftlöcher so vollkommen, dass der Salmiaknebel sich nur äusserst langsam und nur auf kurze Entfernungen, zumeist in kleinen Wirbeln bewegt.

Ställe mit Lüftungslöchern (Maueraussparungen oder eingemauerte Tonröhren) in den Seitenwänden nahe der Decke zeigen bei anliegender Bewegung der Aussenluft eine deutliche Lüfterneuerung, die bei beidseitigen Lüftungslöchern grösser als bei einseitigen ist. Die Nebel lassen in Kuhställen bei anliegendem Winde eine Hauptströmung erkennen, die vom Eintritt der Luft bodenwärts abfällt, über den Kühen der Decke entlang führt, an der gegenüberliegenden Wand wieder abfällt, über der Kuhreihe wieder aufsteigt und teils nach aussen abgeht, teils sich wieder mit der Stallluft vermengt. Die Abluft entweicht bei einander gegenüberliegenden Lüftungslöchern vorzüglich an der Leeseite, bei einseitigen Lüftungslöchern im oberen Teil der Öffnungen, durch deren unteren Teil Frischluft zuströmt.

Entlüftungsschächte sind zumeist unsachgemäss (mangelhafte Wärmeabdichtung) ausgeführt; ihre Querschnitte stehen in falschem Verhältnis zu den Querschnitten der Zuluftöffnungen.

Einwandfreie Lüfterneuerung erfolgte in den Ställen, die mit einer Be- und Entlüftungsanlage nach Schreider und Sieck ausgerüstet waren. Sowohl im Rinderstall als auch in den Schweineställen zeigten die Nebel eine lückenlose Durchströmung aller Stallteile mit Frischluft an. Die Hauptströmung ging von der Decke zum Fussboden und von da nach dem Entlüftungsschacht. Nebenströmungen traten völlig zurück.

V. Zusammenfassung.

1. Zum Zwecke der Feststellung der Strömungsrichtung und der Erfassung aller Teile der Luft im geschlossenen Stallraum von 37 Rinder- und 36 Schweineställen mit verschiedenen Lüftungseinrichtungen im Gebiet von Oberhessen wurde eine Apparatur zur Entwicklung von Salmiaknebeln entworfen.
2. Von den Rinderställen liessen 4 jede Lüftungseinrichtung vermissen. Lüftungslöcher auf einer Wandseite zeigten 5, auf zwei einander gegenüberliegenden 21 Ställe. Dunstschlote hatten 6 Ställe, von denen in einem jedoch die Zuluftöffnungen fehlten. In einem Stall war eine Ventilationsanlage nach **Schreider** und **Sieck** eingebaut.
3. Von den Schweineställen hatte 5 keine Ventilationsanlage. Luftlöcher wiesen 5 Ställe nur auf einer, 24 auf 2 einander gegenüberliegenden Seiten auf. Ein Stall besass Dunstschlote, aber keine Öffnungen für den Frischluft-eintritt. Das Ventilationsystem von **Schreider** und **Sieck** war in 3 Ställen angewandt worden.
4. Die Luft in den Ställen ohne Zu- oder Abluftöffnungen stand mehr oder weniger unbewegt. Bei geschlossenen Türen und Fenstern stieg die Luft über den Tieren kaum deckenwärts. Eine Durchlüftung fehlte völlig.
5. In den Ställen mit einseitiger Luftzuführung sank die Luft von der Öffnung aus abwärts, stieg über den Stallinsassen deckenwärts und wurde zu einem Teil wieder abgeführt, zum anderen Teil vermischt mit Frischluft erneut abwärts gerissen und wieder deckenwärts getrieben. Ein grosser Teil der Stallluft wurde von der Strömung nicht ergriffen.
6. Die Ställe mit Zuluftöffnung an zwei gegenüberliegenden Wänden verhielten sich weitgehend ähnlich wie die Ställe mit einseitiger Belüftung. An der Luvseite trat die Luft ein, fiel abwärts, wurde deckenwärts getrieben und verliess zum Teil auf der Leeseite den Stall. Ein anderer Teil wurde nach der Luvseite gesaugt und verliess den Stall teils durch die Öffnungen der Luvseite oder vermischte sich mit der Kaltluft. Auch hier waren manche Teile des Stalles von der Luftströmung nicht ergriffen.

7. In den Schweineställen traf bei diesen Lüftungen die Luftströmung den unteren Teil der von lückenlosen Wänden umgebenden Buchten nicht. Die Luft kreiste im grossen und ganzen nur oberhalb der Buchtenwände und erreichte die Lagerstätten der Schweine zumeist nicht. Soweit die Buchtenabgrenzung durch Stangen mit breiten Spalten erfolgte, wurden auch die tieferen Teile der Buchten von der Strömung mit ergriffen.

8. In dem Schweinestall, der 3 Abluftschächte besass, jedoch keine Zuluftöffnungen, waren die Strömungsverhältnisse ziemlich gut, weil durch viele Ritzen der Türen die Zuluft in beträchtlichem Maße eintrat. In einem Rinderstall hingegen waren unter ähnlichen Verhältnissen die Luftbewegungen sehr ungünstig, weil die Schächte, die gleichzeitig als Futterabwurf dienten, bei genauerer Untersuchung überhalb des Futtereinwurfes durch Stroh verstopft waren, so dass durch die Schlote kaum Luft abgesaugt wurde.

9. In den Ställen, in denen Schächte und Zuluftöffnungen vorgesehen waren, unterschieden sich die Luftbewegungen nicht wesentlich von gleichartigen Ställen ohne Schächte; die Schächte waren nicht isoliert und nicht genügend hoch über das Dach hinausgeführt.

10. In einem Rinderstall und in drei Schweineställen waren Lüftungsanlagen nach S c h r e i d e r und S i e c k eingebaut. Die Strömungsverhältnisse erfassten alle Teile des Raumes und konnten als hervorragend bezeichnet werden.

VI. S c h l u ß f o l g e r u n g e n .

Die Luftströmung und die vollständige Durchlüftung eines Stalles können gefahrlos mittels eines Salmiakneblers festgestellt werden. Als Prüfungsverfahren für die Wirkung einer Lüfterneuerungsanlage in Ställen gibt das Verfahren schnelle und überzeugende Ergebnisse.

VII. L i t e r a t u r v e r z e i c h n i s .

- Cords-Parchim: "Der gesunde Stall".
Verlag des Druckhauses Tempelhof
Berlin 1950 (S.83-96).
- Dahmen, Hans: "Lehrbuch der Veterinärhygiene".
Verlag von Paul Parey, Berlin 1944
(S.189-200).
- Fairbanks, F.L.: "Dairy Stable Ventilation"
The Cornell Veterinarian, April 1927
(S.132-141).
- Lehmeyer, Bernhard: "Untersuchungen über den Kohlensäure-
und Wasserdampfgehalt der Stallluft".
Z.f. Infkrkh. d. Haustiere 31, 1927
(S.36-37).
- Miller, Toni: "Landwirtschaftliche Baukunde".
Verlag Müller, Oldenburg 1949
(S.54, 64-68).
- Oelmann, R.E.: "Die biologisch-technischen Grundlagen
für den neuzeitlichen Stallbau".
Verlag Neumann, Radebeul und Berlin
1950 (S.111).
- Schwarzmeier, Eberhard: "Ein Gerät zur chemischen Untersu-
chung der Stallluft".
Z.f. Infkrkh. d. Haustiere 58, 1942,
(S.199-204).

- Süpfle, K., Hofmann, P. und Walz, L.: "Eine vereinfachte Methode zur quantitativen Bestimmung von Kohlensäure, Ammoniak und Schwefelwasserstoff in der Luft bewohnter Räume." Arch.f.Hyg. 98, 1927 (S.147-157).
- Traub, Erich: "Hygienische Untersuchungen in Tierställen unter besonderer Berücksichtigung der Stallluft." Diss. Gießen 1932.
- Zorn, Wilh.: "Stallverbesserung und Stallneubau" Verlag Eugen Ulmer in Stuttgart, z.Zt. Ludwigsburg, 1949 (S.10-26).

Für die Überlassung des interessanten Themas sowie für
die Anleitung und vielseitige Unterstützung während der
Arbeit danke ich Herrn Professor Dr. H. H a u p t .

Lebenslauf.

Ich, Walter Joseph W e t z e l , wurde am 19.März 1929 als Sohn des Metzgermeisters und Gastwirts Joseph Wetzel und seiner Ehefrau Frieda, geb. Köhler, in Geisa/Rhön geboren.

Von 1935 bis 1939 besuchte ich die Volksschule in Geisa/Rhön und von 1939 bis 1946 die dortige Bischöfliche Lateinschule.

Am 15. Oktober 1946 trat ich in die Unterprima des Staatlichen Domgymnasiums in Fulda ein und legte daselbst am 15.März 1948 die Reifeprüfung ab.

Bis zu meiner Zulassung zum Studium der Veterinärmedizin betätigte ich mich 1 1/2 Jahre als Praxishelfer bei dem Tierarzt meines Heimatortes.

Zum Wintersemester 1949/50 wurde ich an der Justus Liebig-Hochschule in Gießen zum Studium zugelassen. Nach 4 Semestern legte ich die Tierärztliche Vorprüfung am 13.Okt.1951 ab. Mit Ausnahme des 7. Semesters, wo ich an der Tierärztlichen Hochschule in Wien immatrikuliert war, studierte ich in Gießen.

Im März 1954 meldete ich mich in Gießen zur Tierärztlichen Prüfung und bestand sie am 17.Juli 1954.

Am 1. September 1954 begann ich mein praktisches Halbjahr in Horn/Westfalen.

